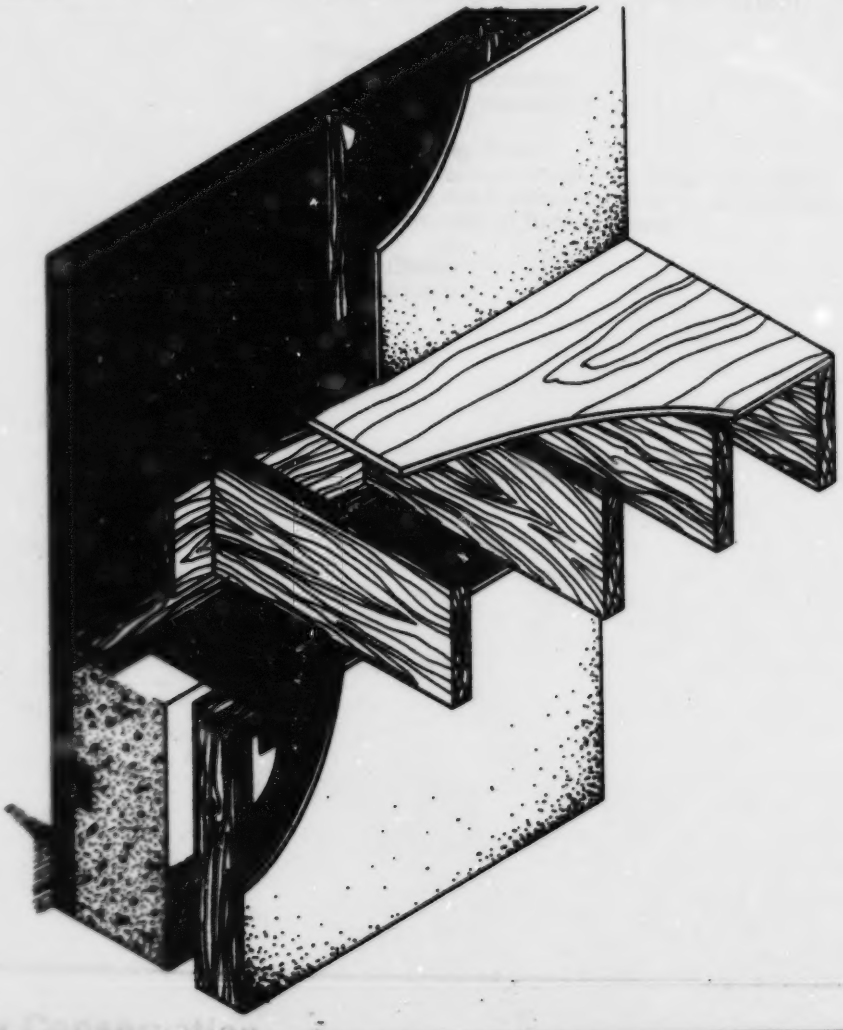
# Number/
# Numéro

1

Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

# Air-Vapour Barriers



**Energy Conservation Technology for Buildings**

Energy, Mines and Resources Canada
Énergie, Mines et Ressources Canada

# Air-Vapour Barriers

## A General Perspective and Guidelines for Installation

**Prepared by**
D. Eyre and D. Jennings
Saskatchewan Research Council

**Under funding from**
The Saskatchewan Provincial Council of HUDAC
The New Home Certification Program of Saskatchewan
The Government of Saskatchewan

Fourth Edition
1983 January

# Acknowledgements

Many of the techniques included in this guide were pioneered in the Saskatchewan Conservation House, built in Regina in 1977-78, and were taken to a higher level of development by the builders on the Energy Showcase project – a group of 14 energy-efficient houses built in Saskatoon in 1980 by individual builders. The authors take pleasure in acknowledging the contribution of these builders, who found a number of ingenious solutions to the various vapour barrier problems:

**Amber Homes Ltd.**
**Cairns Homes Ltd.**
**Concept Construction Ltd.**
**Hilton Homes Ltd.**
**Medallion Homes Ltd.**
**Millbrandt Homes Ltd.**
**Nu-Central Homes Ltd.**
**Plainsman Developments Ltd.**
**Rathgeber Homes**
**Schurman's Construction Co. Ltd.**
**Shir-Lee Homes Ltd.**
**Stellar Developments Ltd.**
**Victory Homes**

The author wishes to thank Mr. John Haysom, of Scanada Consultants Limited for his constructive comments on the draft text.

# Preface to the fourth edition

This fourth edition of Air-Vapour Barriers has been reprinted by popular demand because of the usefulness of the material and the general acceptance of the technique within the building and construction industry in Canada. The edition has been updated to include a number of suggestions for improvement made by the author, David Eyre of the Saskatchewan Research Council, together with several changes recommended by the Energy Conservation and Oil Substitution Branch of Energy, Mines and Resources Canada. In addition, this fourth edition has been converted to metric standards which are used extensively today in Canada. Please note, in particular, that insulation R values are given only in metric. 1R(SI) = 5.6783 R(Imperial).

Requests for additional English or French copies of this report should be addressed to:

Energy, Mines and Resources Canada
Energy Conservation & Oil Substitution Branch
580 Booth Street
Ottawa Ontario Canada
K1A 0E4

## Preface to the second edition

This second edition incorporates a number of small changes to the text. The page numbering system has been changed, and an index has been provided.

Most of the textual changes have arisen from the valued comments of Mr. Harold Orr, of the Prairie Regional Station of the National Research Council. In particular, a discussion of the sill plate problem has been included on page 38, the ice flexing section on page 66 has been modified, and the discussion of the double frame design on page 76 has also been modified — though in this last instance the authors have felt the need to retain some comments about the practical problems in this design.

A cautionary note has been added to the basic air-management system design, shown in figure 116 on page 74. This note was prompted by an informative discussion with Mr. J. White, of the National Office of the Canada Mortgage and Housing Corporation.

## Preface to the third edition

The Energy Conservation and Oil Substitution Branch of Energy, Mines and Resources Canada, through its Buildings Technology Support Program, is pleased to reprint this Air-Vapour Barriers guide by D. Eyre and D. Jennings of the Saskatchewan Research Council. Our aim is to make such information readily available to builders, developers, owners, operators and designers of buildings and homes all across Canada.

Although this report has been reviewed by the Conservation and Renewable Energy Branch of EMR Canada and approved for publication, this does not signify that the contents necessarily reflect the views and policies of the Department, nor does mention of trade names, commercial products, or companies constitute an endorsement or recommendation.

This report has been prepared with the cooperation of the Housing and Urban Development Association of Canada for the information of the public. HUDAC and their employees and agents, however, make no warranty, expressed or implied, with respect to the matter described herein.

# Contents

## Section I
## A general perspective on the air-vapour barrier


1.0 **Introduction**

2.0 **The fundamentals of water vapour movement and control 12**
2.1 Relative humidity 12
2.2 Permeance of materials 13
2.3 How a vapour barrier works 13
2.4 Possibility of structural damage 14
2.5 Positioning the vapour barrier 15
2.6 Guarding against the creation of a second barrier 16

3.0 **Infiltration and exfiltration 16**
3.1 Exfiltration and chimney effect 16
3.2 The special case of electrically heated homes 17
3.3 Relating air changes to energy loss 17

4.0 **The air-vapour barrier 18**
4.1 The real objective of the air-vapour barrier 18
4.2 Air management 18
4.3 Air supply to combustion devices 20
4.4 The code governing air supply 21
4.5 The optimum air tightness 22
4.6 The position of the air-vapour barrier 22
4.7 Floor headers 23
4.8 Testing procedures and standards 24
4.9 Some general comments on design problems 24
4.10 Preparation of house drawings 25


## Section II
## How to install an air-vapour barrier


5.0 **Choice of materials 28**
5.1 The air-vapour barrier sheet 28
5.2 Caulking material 28

6.0 **A general guide on installation procedures 29**

7.0 **Foundations 30**
7.1 Unheated crawl space 31
7.2 Independent slab and foundation 32
7.3 Combined slab and foundation 32
7.4 Pressure-treated wood foundation 33

8.0 **Working around floor headers 34**
8.1 The sill plate problem 38

9.0 **Support beam problems 40**

10.0 **Partition walls 41**
10.1 The problem 41
10.2 A moderately good solution 41
10.3 Making matters worse 42
10.4 A better solution 42
10.5 The partition wall as a whole 43
10.6 The best way of dealing with partition walls 46

**11.0 Dealing with problem corners 47**
11.1 Attached garage 47
11.2 Overhangs 47
11.3 Split level ceilings 48
11.4 Split level floor over an unheated crawl space 49

**12.0 Doors and windows 50**
12.1 The problem 50
12.2 An easy solution 50
12.3 The best way 51
12.4 A note on air leakage through doors and windows 52

**13.0 Electrical receptacles 53**
13.1 A good method 53
13.2 Variations on the method 53
13.3 Avoiding damage during drywalling 54
13.4 Ceiling receptacles 55
13.5 A note of caution 55

**14.0 Vents, pipes and flues 56**
14.1 The general technique 56
14.2 A note on heat resistance caulking 56
14.3 Furnace flue 57
14.4 Vent stack 58
14.5 Plumbing into an unheated crawl space 59
14.6 Electrical service panels 59
14.7 Air vents 60
14.8 An important note 60

**15.0 Pony walls 61**

**16.0 Stairwells 62**

**17.0 Bath tubs and fittings 63**

**18.0 Attic hatch 64**

**19.0 Problems with concrete basements 65**
19.1 The concrete curing problem 65
19.2 Ice flexing 66

**20.0 The furnace room 67**
20.1 Insulation 70
20.2 Air tightness testing 70

**21.0 Cold room 71**

**22.0 Sauna room 72**

**23.0 Fireplaces 73**

**24.0 Air management systems 74**
24.1 Dryer venting 74

**25.0 Super-insulated walls 76**
25.1 The strapped wall 78

**26.0 Educating the home owner 79**

**27.0 Index 81**

# A general perspective on the air-vapour barrier

# 1.0 Introduction

The developing global energy situation is now beginning to make its presence felt in Canada's housing industry. New standards of energy-efficient construction are being evolved and, in several pilot projects across the country, builders and engineers are exploring various ways of improving the thermal performance of houses. By 1990 it is not unlikely that most new housing starts, if not all of them, will have to conform to fairly stringent energy efficiency requirements. In the meantime, the building industry will have to adapt to changes in constructional technology and practice, and these changes will be greater and more wide-ranging than any the industry has encountered in the past.

There is not, as yet, any clear picture of what these changes will be. The whole field of energy-efficient design is still in an early stage of development, with little agreement on the basic design and economic factors. However, there does appear to be an increasing acceptance of the design concepts that have been developed primarily in Saskatchewan, and it is probable that these concepts will play a large part in shaping future standards. The energy-efficient home of the future will probably differ from current designs in four main respects:

a) It will have an air-vapour barrier instead of a vapour barrier;
b) It will have far higher levels of insulation;
c) There will be a greater utilization of passive solar gain;
d) It will have an energy-efficient air management system.

Each of these elements is developmental at the present time. It will take several years of trial and error, hardware development and constructional refinement before they acquire the status of standard building practices. This is particularly true of the air-vapour barrier, which is important not only for its energy conservation aspect, but also for its beneficial effects on other aspects of house construction and performance.

Saskatchewan has taken a leading role in developing the techniques of air-vapour barrier installation. The Saskatchewan Conservation House was probably the first in the world to achieve the high levels of air tightness that are now being adopted in many energy-efficient designs. The concept has been applied and improved by a number of home owners and builders in the province. The Energy Showcase of 14 homes, completed in 1980 in Saskatoon, provides an impressive example of air-vapour construction by each of the participating builders.

Two lessons can be drawn from builders' experiences in these projects. The first is that the air-vapour barrier has to be regarded as something quite different from the traditional vapour barrier, calling for different techniques, greater emphasis on quality, and more consideration during the design stage. These new skills are not easily acquired, and individual builders may find that they have to try out the techniques on several houses before their skills become streamlined and efficient. Secondly, there is a need for some kind of publication that gives a comprehensive treatment of the fundamentals and the practical problems of air-vapour installations. This guide is designed to fulfill that need. However, the guide should not be interpreted as a building standard; the techniques and materials of air-vapour barrier installations can be expected to evolve considerably over the next decade, and this guide is merely a starting point that builders can use in developing and refining their techniques. Eventually, when air-vapour barriers start to become a standard feature of house construction, an appropriate building standard will doubtless be formulated.

Apart from the practical aspects of air-vapour installation, there are a number of related issues that builders will have to confront over the next few years and it has been thought advisable to include a consideration of these issues in this guide. Specifically, the following topics have been considered:

a) The effect of air-vapour barriers on air management.
b) The effect of air-vapour barriers on combustion heaters.
c) Limitations imposed by existing building codes.
d) The importance of comprehensive design details on drawings.
e) Representing the air-vapour barrier on design drawings.
f) What is the optimum target for air tightness?
g) Procedures and standards for air tightness testing.

This guide was written primarily with Saskatchewan conditions in mind and, therefore, a note of caution is necessary for those who apply the techniques elsewhere. Over the next few years, as houses evolve towards higher levels of energy efficiency, their designs will become more finely attuned to the local climate. Regional climatic effects will become important, and the techniques that apply in one region may not be particularly applicable in another. The techniques in this guide have been evolved for the kind of climate and the type of construction that prevail in the Canadian prairie. The details, and even the underlying economic factors, may not be applicable elsewhere.

# 2.0 The fundamentals of water vapour movement and control

In a typical household, somewhere between 10 to 15 kg (9 to 14 L) of moisture may be generated every day by the combined effects of perspiration, cooking, laundering and bathing. This moisture, in the form of water vapour, becomes mixed with the house air. Several factors determine the amount of water vapour in the air at any one time, but two factors are generally more influential than the others, namely, the rate at which water vapour is generated in the house, and the rate at which it is carried out of the house by ventilation and exfiltration. In the typical household there is usually around 2.5 to 5 kg (2 to 5 L) of water vapour in the air at any one time.

Water vapour behaves like a gas and exerts its own pressure, called the vapour pressure. The greater the amount of water vapour in the air, the greater is the resulting vapour pressure.

## 2.1 Relative humidity

The term 'relative humidity' is often used to express the amount of water vapour in the air. If this amount of water vapour is increased, the relative humidity of the air also increases – but only to a point. If water vapour is continuously added to air, there comes a point when the air can no longer hold any more. This is called the saturation point, and under these conditions the air is said to have 100% relative humidity, or 100% RH. If more water vapour is added after the saturation point has been reached, then the excess will condense on local surfaces.

Air's ability to hold water vapour depends on the air temperature. As the air temperature increases, it becomes capable of holding more water vapour. If we have two equal volumes of air, each with 100% RH, but one much warmer than the other, then the warmer one will contain a greater amount of water vapour. It follows that if we take a volume of cold air, with 100% RH, and raise its temperature, its relative humidity will decrease even though it contains the same amount of water vapour. This is because, at the higher temperature, the air can take on more water vapour before reaching saturation.

To give a practical example of this: suppose we were to open all the doors and windows of a house in winter, and flood the house with cold outside air that may have a relative humidity of 80% (that is: it is carrying 80% of the water vapour that it is capable of holding at that temperature). Next, we close all doors and windows and allow the air to heat up to normal house temperature. We would soon notice that the air had become very dry, or, putting it another way, that its relative humidity was very low. The explanation is as follows: in normal winter temperatures the air can support only a very small amount of water vapour, therefore, even though its relative humidity is high, its water vapour content is low. When the air is brought into the house and heated up, it becomes capable of holding far more water vapour than it actually contains, therefore its relative humidity may fall to as little as one or two percent. When a house has a low humidity in winter, or if it needs a humidifier to maintain reasonable levels of humidity, this is usually a sign that too much outside air is finding its way into the house.

To look at an example of the opposite kind of effect: suppose we take a volume of warm air with a relative humidity of 80% and cool it to somewhere near the freezing point. It will gradually lose its ability to support water vapour and its relative humidity will gradually increase until, at some point during the cooling process, it will become saturated, or 100% RH. If the air is cooled even slightly beyond this point it will have to shed some of its excess water vapour in the form of condensation. This is what happens when warm, humid air comes into contact with cold windows or a cooled beer can. When air is cooled to the point where

condensation starts to occur, it is said to have reached the dewpoint temperature. This dewpoint temperature obviously depends on the amount of water vapour that was in the air to begin with. If it was close to saturation at its original temperature, then its dewpoint temperature would be only a few degrees lower. But if it had a very low relative humidity to begin with, then its dewpoint temperature would be very low. In some cases the dewpoint temperature may be below the freezing point, in which case the excess water vapour would be deposited as frost instead of condensation.

## 2.2 Permeance of materials

Most construction materials have a porous structure that allows water vapour to pass through. This applies, to a greater or lesser degree, to paper, plaster, wood, insulation and even concrete. In some materials, such as loose fill insulation, water vapour can pass through the material with relative ease. Such materials are said to have a high 'permeance'. In other materials, such as wood or concrete, there is more resistance to the flow of water vapour. These materials have a lower permeance. Vapour barrier materials, such as polyethylene sheet, are required to have a very low permeance because their main purpose is to resist the movement of water vapour.

## 2.3 How a vapour barrier works

To understand how a vapour barrier works, first consider what happens in a house in winter if there is no vapour barrier. The house interior is warm and the relative humidity is usually somewhere between 20% and 30%. The exterior is cold and the relative humidity is usually high, somewhere around 80%. The air inside the house has a much greater water vapour content than that outside, and it follows that the vapour pressure inside the house is higher than that outside. This pressure difference causes the water vapour to move outwards through the house envelope, and particularly through the exterior walls and ceiling. Since there is no vapour barrier, the walls and ceiling offer little resistance to the movement of water vapour, therefore the rate of water vapour movement can be very high. When the water vapour moves outwards through the wall and ceiling it will get progressively colder because of the temperature drop through these structures. At some point, a dewpoint condition will be reached and the water vapour will condense or form frost, depending on whether the dewpoint temperature happens to be above or below freezing. If this were the only mechanism involved, then water vapour would continue to move from the house interior to the dewpoint location, giving a continuous build-up of condensed water or frost at that point. However, both frost and condensed water give off water vapour, which continues to move outwards through the wall and ceiling, producing frost or condensation beyond the dewpoint location. Therefore, at every point beyond the dewpoint location, two mechanisms are at work: the first is the build-up of condensed water or frost due to the movement of water vapour from the house interior; the second mechanism involves the removal of the build-up by evaporation or sublimation (a process in which ice gives off water vapour), creating a fresh supply of water vapour that can move even further outwards. In a typical house structure in winter conditions, these two mechanisms occur mainly in the insulation, which has little resistance to the movement of water vapour.

As a result, the second mechanism tends to predominate, and any condensation or frost is removed as quickly as it is formed. Therefore the water vapour will usually pass beyond the dewpoint location without causing condensation or frosting, and it will continue to move outwards through the wall or ceiling until it encounters the right conditions for build-up. In walls, this usually occurs at the surface of the exterior sheathing or sheathing paper. Compared with the insulation, these materials have a relatively high resistance to water vapour movement, therefore the rate at which water vapour moves outwards to the sheathing is much higher than the rate at which it can penetrate the sheathing. Since the sheathing temperature is usually well below the freezing point, the conditions are usually right for frost build-up.

A similar process is at work in the ceiling. There is a tendency for the water vapour to move outwards until it encounters the roof sheathing. If the roof space is poorly ventilated some frost build-up may occur on the sheathing. If the roof is well ventilated the airflow may carry away the water vapour before it has a chance to produce frost build-up. On the other hand, it may promote frost build-up by cooling the humid air below its dewpoint temperature.

### 2.4 Possibility of structural damage

**In this type of house, with no vapour barrier,** the process of frost build-up will usually continue through winter, giving a progressive accumulation of frost on roof sheathing and wall sheathing. In spring, or whenever the exterior sheathing temperature rises above the freezing point, the frost will begin to melt. The meltwater will drop or flow where gravity takes it. In the roof, it may fall onto the ceiling, causing wetting or discolouration. In severe cases there may be enough meltwater to flood the ceiling, causing water to flow through ceiling fixtures and, perhaps, causing ceiling collapse. In the walls, the meltwater will tend to accumulate on blocking or on the sill-plate, where it may discolour the drywall or cause rot, fungus and odour problems within the wall structure. In some cases, the accumulation of water on the sill-plate could be several inches deep. This could cause total deterioration of the lower drywall, with seepage under the baseboard or through electrical fixtures.

Many older houses (especially those built before the advent of plywood) have stayed immune to these problems, even though they have no vapour barrier. This is usually because the structure is able to dissipate water vapour quickly. The rapid dissipation may be due to the high permeance of the exterior sheathing, or to a leaky construction that allows air to flow through the wall structure. Although such houses have avoided the problems of frost build-up, this is not to say that they are good designs; it is merely a lucky circumstance in which one bad feature helps to eliminate the problems caused by another one.

**Now consider what happens when a house is fitted with a vapour barrier.** Since the vapour barrier has a very low permeance it reduces the rate of water vapour movement into the exterior walls and ceiling. In the walls, this means that the water vapour can pass more easily through the exterior sheathing than it can through the vapour barrier. Therefore, water vapour escapes from the walls as quickly as it penetrates from the house interior, and no condensation or frost build-up will occur. In the roof, even a moderate amount of ventilation can carry away the water vapour as quickly as it penetrates the ceiling. Therefore, once again, build-up will not occur.

The vapour barrier works, not by eliminating the movement of moisture into the walls and ceiling, but by reducing the movement to a rate that the house structure can handle.

## 2.5 Positioning the vapour barrier

In anticipation of some of the points that will be raised later in this guide, it is important to consider the positioning of the vapour barrier. The position of the vapour barrier in the walls and ceiling is dictated by only one technical criterion: it must lie inside the dewpoint location in a typical worst case situation, such as the mean low January temperature. If the vapour barrier lies outside the dewpoint location, water vapour will penetrate the wall until it reaches this location. It will then condense or form frost. There will be a natural tendency, as discussed earlier, for the condensed water or frost to give off water vapour that will move further outwards through the wall. However, this further outward movement is restricted by the vapour barrier, and, as a result, there will be a continuous build-up of water or frost on the interior surface of the vapour barrier. This could result in effects as severe as those mentioned on page 14.

## 2.6 Guarding against the creation of a second vapour barrier

Another problem arises when a wall has two major restrictions to water vapour movement. This could occur as a result of retrofit, when a wall may accidentally be fitted with two vapour barriers. It may also occur when the exterior sheathing has a low permeance and is tightly sealed, so that it acts effectively like a second vapour barrier. Under these conditions, the risk of build-up is determined by two factors: the rate at which water vapour penetrates the inner vapour barrier, and the rate at which it penetrates the outer one. If the inner rate exceeds the outer one, and if the dewpoint location falls between the two effective vapour barriers, build-up will occur. In this respect, a number of builders have expressed concerns about the use of low permeance insulating foams as sheathing material. In some cases there does appear to be a risk that a second vapour barrier might be set up.

This guide recommends that, where low-permeance sheathing might constitute a second vapour barrier, a deliberate attempt should be made to introduce breathing gaps between the sheathing panels or where the sheathing terminates at the top of the wall. Ideally, the breathing openings should be just large enough to allow the water vapour to leave the wall space as fast as it enters it, but not large enough to allow air circulation through the wall space (excessive air circulation through the insulation can impair the insulating effect). If the breathing openings are too small there might be enough frost build-up to cause dampness in the wall space later. With a virtually impermeable vapour barrier and sheathing, it could take several weeks of warm weather to dry out the wall space.

# 3.0 Infiltration and exfiltration

So far, we have concentrated on the way in which water vapour can pass through solid building materials by a process of permeation, and we have seen how the vapour barrier is used to control this. But there is another way in which water vapour can get into the exterior walls and roof, namely by air movement. The vapour barrier was never intended to control this second process and it is not specifically designed to do so.

A complicated pressure pattern generally exists around a house, both on the outside and inside. The pattern is determined by wind, thermal convection currents in the house, furnace draft, combustion processes, fan usage etc. At any instant the house will be simultaneously subjected to infiltration through one set of openings, and a balancing exfiltration through another set. The term 'infiltration' is used to denote air flow from the exterior to the interior; the term 'exfiltration' denotes flow in the opposite direction. The openings through which these flows occur can be found all over the house, but usually where there is a structural discontinuity: around windows and doors, in drywall corners that have cracked due to settling, at the joint between the wood frame and the concrete foundation, around the attic hatch, around chimneys, vents, pipes and cables where they penetrate the exterior envelope, through electrical outlets, milk chutes, mail slots, floor drains, foundation cracks, and so on. At many of these points there is some kind of break in the house structure, and usually a matching break in the vapour barrier. In addition to these structural openings there is also a range of 'intentional' openings that serve some kind of air-handling function: furnace chimneys, fireplace chimneys, bathroom and range fans, openable window sections, dryer vents, fireplace fresh air vents and so on. It has been estimated* that, if all the openings in a house could be collected together, they would make up a hole about the size of half a door. Because of this large combined area of openings a house can experience large infiltration and exfiltration flows, even when exposed to fairly moderate pressure patterns.

## 3.1 Exfiltration flow and chimney effect

Infiltration and exfiltration flows occur simultaneously and approximately in balance, with infiltration through one set of openings and a matching exfiltration through another set. The pattern of infiltration and exfiltration varies from instant to instant according to the changing pressure patterns imposed on the house. Under winter conditions, infiltration flows bring cold and relatively dry air into the house. This creates no moisture problems in passing through the house envelope. The moisture problems arise from exfiltration flows, in which the warm, humid house air flows through the various openings in the house envelope. When this humid air passes into the wall space or attic space, the water vapour becomes subject to the processes of condensation and frost formation described earlier. Therefore, the process of exfiltration is potentially capable of causing the sort of water damage that has been described. The phrase 'potentially capable' has to be stressed, because it is a fact that water damage is uncommon, even in those houses that are known to have high levels of infiltration and exfiltration. This may be partly due to the changing patterns of infiltration and exfiltration, in which condensation may be created by exfiltration at one stage, and then removed by infiltration at a later stage. In most cases, however, the absence of water damage is due to the chimney effect of the furnace. When the furnace is operating, this effect creates a strong draft of humid house air up the

* This graphic statement is attributed to Mr. Harold Orr, of the National Research Council, Division of Building Research.

furnace flue, thereby ensuring that most of the exfiltration flow goes up the flue. While this is happening, the rest of the house structure is subjected mainly to infiltration flow.

Exfiltration water damage is occasionally observed in houses that have combustion furnaces. In such cases the cause may sometimes be traced to excessive water vapour generation in the house, or to some major construction defect.

### 3.2 The special case of electrically heated homes

In electrically heated houses, where there is no chimney and no chimney effect, incidences of water damage are more prevalent.

### 3.3 Relating air changes to energy loss

Because of the processes of infiltration and exfiltration there is a continuous exchange of air between the house and its surroundings. The rate at which this exchange takes place is an indication of how tightly the house is built, and is expressed in terms of 'air changes per hour'. If a house is said to have an infiltration rate of one air change per hour, or 1 ach, this means that all the air in the house is replenished every hour. In a house that has an air volume of 425 cubic metres for example, an infiltration rate of 1 ach corresponds to a through-flow of about 0.12 $m^3/s$.

Tests conducted by the Prairie Regional Station of the National Research Council, in collaboration with the University of Saskatchewan, have shown that houses in the Saskatoon area have infiltration rates ranging from 0.2 ach to about 1.5 ach, with an average level around 0.3 ach. This average level is equivalent to 7075 cubic metres of air passing through the house each day. This volume of air is equivalent to the combined volume of 16 houses. This provides far more ventilation than is absolutely necessary, and it has the effect of reducing the house humidity level to the point of discomfort. When a house needs a humidifier for the maintenance of a comfortable humidity level, this may be an indication that the infiltration is excessive.

In the past there has not been much attempt to improve the infiltration performance of houses. Infiltration (or, to be more precise, exfiltration) has been recognized as a potential source of condensation damage, but the severity and frequency of this effect were never sufficiently high to warrant changes in standard building practice. It is only in the last few years, with the emerging importance of energy conservation, that the infiltration performance of a house has come under scrutiny as a major source of heat loss. Some idea of the wastefulness of infiltration can be gained by imagining 7075 cubic metres of cold air being brought into a house each day, then heated to the normal interior temperature of the house, then expelled from the house. The heat that is wasted in this way accounts for typically 25% to 30% of the annual space heating consumption.

# 4.0 The air-vapour barrier

The air-vapour barrier is primarily an energy conservation measure. Its primary purpose is to reduce air-change heat losses to a practicable minimum by sealing the house as tightly as possible against uncontrolled air-change. To achieve this the house has to be provided with an almost perfectly sealed envelope, and it is logical to adapt the vapour barrier to this task. The air-vapour barrier is therefore a much improved version of the conventional vapour barrier, serving a double duty as a barrier against water vapour penetration and a barrier against uncontrolled air-change. Hence the name 'air-vapour barrier'.

To achieve the high standards of air tightness that are required in an **ideal** air-vapour barrier, the materials must be selected with care and the barrier must be installed with more care and more attention to detail than is customary in normal vapour barrier installation. One of the main differences between vapour barrier construction and air-vapour construction is that the former can usually be installed in one operation, whereas the latter often requires preparatory work at various stages of construction. In some cases, a lot of this preparatory work can be avoided by careful design or by modification of building practices.

The air-vapour barrier, on its own, does not constitute a completely sealed envelope, since it has to be terminated around doors, windows, chimneys, vent stacks and so on. Therefore, whenever an air-vapour is installed, some attention should be given to the special infiltration problems of these various features, and this should be regarded as an essential part of air-vapour barrier installation. Doors and windows present obvious problems. If their infiltration performance is to be consistent with that of the air-vapour barrier, they must be provided with efficient seals. Often this necessitates the selection of a higher quality door or window, with a corresponding cost increment. Similar comments apply to the dampers on vents and fireplace chimneys.

## 4.1 The real objective of the air-vapour barrier

This has never been properly stated, and tends to be misunderstood by many of its critics. It is generally assumed that the objective is to provide a hermetic seal between the house and its surroundings. This is only partly true.

**The air-vapour barrier is a necessary first step in achieving total environmental control inside a house, with minimum energy usage. The air-vapour barrier should therefore be viewed as a means to an end, and not as an end in itself.**

## 4.2 Air management

The air management system of a house involves two components: ventilation and distribution. Ventilation is achieved by removing stale air from the house and replacing it with fresh air. Its purpose is to maintain a satisfactory air quality in the house. The distribution system ensures that fresh air is circulated to all parts of the house.

Once a house has been provided with an air-vapour barrier, it can no longer rely on the processes of infiltration and exfiltration for its ventilation needs, and a ventilation system becomes essential. The typical ventilation system consists of two vents through the house envelope. The stale house air is exhausted by a fan through one vent, and fresh air is drawn through the other vent by a second fan. It should be noted that, if this system were installed in a house without an air-vapour barrier, it might react unfavourably with the infiltration and exfiltration flows, and aggravate some of the problems described earlier. The air-vapour barrier not only makes controlled ventilation necessary, it also makes it possible.

With all the stale house air being exhausted through one vent, and all the fresh air being drawn through another, the right conditions exist for using a heat exchanger in the ventilation system. The heat exchanger is a device that extracts heat from the exhaust air and passes it to the incoming fresh air, thereby achieving a considerable reduction in ventilation heat loss. In the few heat exchanger designs that are now commercially available, typically 60% to 70% of the waste heat is recovered.

In a typical ventilation system, stale air is drawn from the humid and odorous parts of the house – the kitchen, washrooms and laundry – and is exhausted via the heat exchanger. The incoming fresh air is drawn through the heat exchanger, where it picks up heat from the exhaust air, and is then passed to the return-air duct of the house air distribution system.

There does not need to be anything special about the distribution system; a conventional furnace and ducted air system is generally sufficient. But some thought should be given to the special air circulation needs of energy-efficient houses. Since these houses are tightly sealed, there is no infiltration to induce air circulation. Also, since the walls are well insulated and the windows are of higher quality, there are not so many temperature differentials as in the conventional house, and there is not so much air circulation by thermal convection. These houses usually employ a high level of passive solar gain through south-facing windows. When the house has an open-plan design, this solar heating effect can generate useful circulation through thermal convection. But when the house is divided into a number of small, closed rooms, there is an even greater need for air circulation as a means of distributing the solar heat gain through the house.

At the moment, the ventilation rate is the major issue in air management design. The recent emergence of airtight houses and commercial buildings has focussed attention on the ventilation needs, and a number of concerns have started to arise. **In an ideal situation, the ventilation rate should be low enough to minimize heat losses, but high enough to provide an acceptable and harmless atmosphere in the house.** A good ventilation system must provide control of oxygen level, humidity level, odour and pollutants. The mechanics of the first three components are generally well understood, and it is not difficult to define appropriate ventilation levels for their control. However, there are still a great number of unknown factors concerning the admissible levels of pollutants in house air. Some of these pollutants come from the new materials now being used in the manufacture of furniture, carpets and fabrics, and some come from the cleaning materials, aerosols and other chemicals used routinely in most households – not to mention the many (and possibly more harmful) chemicals generated by tobacco smoking.

Recently, there has been a growing concern about the build-up of radon in tightly sealed structures. Radon is a gas generated by trace radioactive materials. In particular, it is generated in the soil around the house and can enter the house through the weeping tile and floor drain system, through cracks in the concrete foundation, and even by diffusing through solid concrete. It is also generated by naturally occurring trace elements in concrete, drywall and other materials. Although radon is carcinogenic, its concentration in a **poorly sealed house is** probably not high enough to constitute any significant health hazard. Those who are worried about radon build-up in **tightly sealed houses** have tended to overlook the positive features of this type of construction: the air-vapour barrier inhibits the flow of radon into the house, in just the same way as it inhibits the flow of air or water vapour.

Two main factors determine the radon concentration in a house: the first is the rate at which radon enters the house, and the second is the rate at which it is removed from the house by air change. In a tightly sealed house, with a good ventilation system, the air change rate is probably around a half to a quarter of that in a poorly sealed house. At the same time, the rate of radon infiltration is far lower in the tightly sealed house than in the poorly sealed house. As an educated guess, it should be at least ten times lower. Therefore, on the basis of these figures, a tightly sealed house with good ventilation should experience lower radon concentrations than a poorly sealed house – all other conditions being equal. Radon tests were conducted on the Energy Showcase houses in December 1980. From the report on these tests* it is clear that, with the ventilation systems operating normally, the radon level in each house would fall well inside the safety limits established by United States health guidelines.

It will take some years of investigation before the appropriate levels of ventilation control can be defined. In the meantime, it makes sense to allow for the uncertain risks arising from increasing use of new chemicals, and to design for over-ventilation rather than under-ventilation. An air-change rate of 0.5 ach (about 0.06 $m^3/s$ in a typically sized house) seems to be acceptable to a number of authorities on pollutant build-up. This is somewhat larger than the 0.02 to 0.03 $m^3/s$ rates that have been advocated in the past, but it is not an excessive premium to pay as a way of avoiding the possible effects of build-up. The extra ventilation heat loss incurred by increasing the ventilation rate from 0.03 $m^3/s$ to 0.06 $m^3/s$ is not large, particularly if most of the heat loss is recovered by a heat exchanger.

### 4.3 Air supply to combustion devices

The fourteen houses in the 1980 Energy Showcase have raised a number of problems concerning air supply to combustion devices in an airtight house. The furnace, the water heater, and maybe a stove or fireplace are all competing for combustion air and draft air, and there may not be enough infiltration flow to meet the combined need. Under these circumstances the various combustion units will interact and may create a hazardous backdraft situation.

To quantify the effect, consider a typical Energy Showcase house with a natural gas furnace and water heater, rated at 15 kW and 10 kW respectively. When both are operating simultaneously, their combined air supply requirement is about 0.006 $m^3/s$. But, in this typical energy-efficient house, the natural air infiltration rate is only 0.025 ach, which corresponds to an airflow of 0.003 $m^3/s$. The natural infiltration rate is therefore incapable of meeting the combustion needs of the house.

Of course, it is immediately obvious that the ventilation system can provide all the air that is needed, but there are two objections to this. The first objection is not particularly serious: if the ventilation system is relied upon for combustion air supply, there will be a certain amount of interaction between the system and combustion units. If the ventilation rate is set at about 0.06 $m^3/s$, as discussed earlier, the 0.006 $m^3/s$ demand of the combustion systems will not have much effect. However, if the ventilation rate is set at a lower level, say 0.02 to 0.03 $m^3/s$, there could be quite a strong interaction, with an unpredictable outcome. The second objection is a major one, and it is based on the undesirability of

* Besant, R.W. Radon Gas Testing Report for Low Energy Houses, Dept. Mechanical Engineering, University of Saskatchewan, January 1981.

obtaining combustion air through anything but a simple duct system. It is quite likely that, even when heat exchanger designs have been thoroughly debugged, there will still remain a risk of plugging by frost build-up or accidental blockage by owners who do not understand the system. Accordingly, the ventilation system should not be relied upon for combustion air and draft air supply.

During the construction stage of the Energy Showcase, the local gas authority considered this problem and came to the decision that the ventilation air supply did not constitute an adequate combustion air supply.

### 4.4 The code governing air supply

The code governing air supply to combustion units in airtight houses is therefore as laid down in the C.G.A. Installation Code for Natural Gas Burning Appliances and Equipment, CGA B149.1-1976. The relevant section is 6.2.1 on page 53, and reads as follows:

**"When an appliance is located in an unconfined space within a building having insufficient infiltration, the air supply shall be obtained from outdoors and a permanent opening, or openings, having a total free area of not less than [10 square centimetres] per [2.25 kW] of total input rating of all appliances, shall be provided".**

In the example considered earlier, the combined rating of 25 kW requires an opening of at least 110 square centimetres to conform with the above code.

In the Energy Showcase, the majority of houses have furnaces and water heaters installed inside a sealed furnace room that is provided with its own combustion air and draft air supply. The codes governing air supply in this situation are too lengthy to quote here, and appear in Section 6.3 on page 53 of the above document.

The primary purpose of the furnace rooms in these houses was to improve the seasonal efficiency of the combustion units by having them use cold exterior air instead of warm house air. In an airtight house it makes more sense to do this than to have the combustion units in an unconfined space with a large hole through the vapour barrier. Apart from this, the furnace room has been found to have other benefits:

a) By isolating the furnace and water heater from the rest of the house, complicated interactions with the ventilation system, stoves and fireplaces are avoided.
b) Infiltration rates tend to be reduced even further.
c) By installing the floor drain inside the furnace room, one of the main avenues of radon movement is isolated from the house living space. When the floor drain is located inside the furnace room it is advisable to install the furnace room door without a sill to facilitate draining.
d) The house has more protection against operational defects of the combustion units.

It is obvious, from what has been said previously, that stoves and fireplaces should be provided with their own localized air supplies, and should not be dependent on the ventilation system.

### 4.5 The optimum air tightness

The Prairie Regional Station of the National Research Council has conducted pressure tests on the Energy Showcase houses to determine their infiltration performance. The results indicate that twelve of the houses have natural infiltration rates lower than 0.05 ach*. It will be recalled that, in a conventional house, the infiltration rate ranges from 0.2 to 1.5 ach.

This information shows that very low levels of infiltration can be achieved if the air-vapour barrier is installed with great care. At the same time, it raises a number of doubts about the feasibility of air-vapour barrier construction. Does it make sense to try to achieve these levels of air tightness, particularly when one considers the incremental costs and problems that it creates for air management and combustion appliances? In principle, there is no doubt that the air-vapour barrier makes a great deal of sense — as an energy conservation measure, as a means of achieving proper ventilation control, as a protection against moisture damage by exfiltration, and because of its beneficial effect on the comfort level in the house. But isn't it possible that these same benefits would be experienced if the infiltration rate were as high as 0.10 ach or even 0.15 ach? How far can the quality of the barrier be relaxed, and how far can the infiltration rate be increased, before some of the benefits start to disappear? At the moment, there is no clear answer to these questions.

Air-vapour barrier techniques are still in their infancy, and a great deal of development and testing is needed before the optimum approach can be defined. The aim so far, under the direction of the scientific community, has been to explore the limits of what can be achieved in practice. The Energy Showcase has been invaluable in this respect. Looking at some of the things that were done on the Energy Showcase houses, it is clear that, in a great many instances, extreme measures were adopted in attempting to provide a perfect seal around awkward constructional features. Less extreme measures, at far less cost, would not have achieved a perfect seal – though they might have achieved something not far short. The emphasis on high quality was justified in the Energy Showcase because of the exploratory and educational nature of the project, and it would be a good learning experience for all builders if they were to attempt a perfect air-vapour barrier installation at the outset. However, the time is now ripe to consider some relaxation in the quality of air-vapour barrier installation – mainly with the intention of streamlining the installation and reducing its cost.** The best techniques, and the optimum air tightness, will not be found without a few years of trial and error.

### 4.6 The position of the air-vapour barrier

The existing building standards and codes stipulate that the vapour barrier must always be positioned on the warm side of the insulation:

**Residential Standards 1980, Section 26, Sub-Section E.1**
**"... vapour barriers shall be installed on the warm side of insulation.."**
**National Building Code of Canada 1980, Part 5, Sub-Section 5.2.1.1**
**"... the assembly shall be designed to prevent condensation by providing a continuous vapour and air barrier in the assembly on the high vapour pressure side of the material that has the major thermal resistance.."**

---

* There is no reliable way of deriving the natural infiltration rate from pressure test data. The above figure has been obtained by applying a rough correction factor.

** Houses now being built under Saskatchewan's Home Energy Loan Program (HELP) are achieving high levels of air tightness for modest installation costs.

The intention is to ensure that the vapour barrier is always positioned on the warm side of the dewpoint location, but the Codes are written in such a way that they do not allow for the alternative vapour barrier positions that have now been made possible by new wall designs and new methods of construction.

A number of complex thick-wall designs have evolved as a way of increasing the insulation levels in exterior walls. The most common designs are the double-frame wall and the strapped wall. In both designs there are certain advantages to be gained by positioning the air-vapour barrier some distance into the wall, with insulation on both the warm and the cold side. It is a primary requirement of such designs that the air-vapour barrier should always be positioned on the warm side of the dewpoint location. The appropriate position can be determined by a simple rule-of-thumb: in Saskatchewan, for example, the insulation on the outside of the air-vapour barrier must have twice as much thermal resistance as that on the inside. The dewpoint will then fall on the cold side of the air-vapour barrier except for short spells of extreme winter temperature in Saskatchewan. The same rule-of-thumb can be applied to houses built in a more moderate climate, but a different rule would have to be applied to houses built in a more severe climate.

In positioning the air-vapour barrier some distance into the wall, the main aim is to preserve the integrity of the barrier. There is less risk of accidental damage during construction and there is enough room to install pipe and cable runs on the warm side of the barrier, thereby eliminating the need to puncture the barrier for electrical outlets and other features. In the double-frame wall the best position for the air-vapour barrier is on the outside face of the inner frame. In the strapped wall the best position is on the inside face of the vertical studs, before the horizontal strapping is installed. Such designs make it possible to achieve very high levels of air tightness.

This new approach to air-vapour barrier positioning obeys the principles built into the existing building codes, but it does not conform to the strict wording of the codes. Because of the advantages of this new approach it can be expected that the codes will eventually be changed to allow greater flexibility in air-vapour barrier positioning. In the meantime, and as demonstrated on the Energy Showcase, the agencies responsible for implementing Standards will probably interpret the codes leniently.

### 4.7 Floor headers

Floor headers constitute a special problem in the positioning of the air-vapour barrier. To achieve air tightness, it is necessary to run a preparatory strip of barrier material over the outside of the headers in such a way that it can be joined later to the main wall barriers above and below.* To avoid a dewpoint 'situation' at this point it is necessary to set the headers back from the normal position, so that insulation can be installed on the outside of the header and the air-vapour barrier. There is another aspect to this problem when the headers are set at the top of a basement wall. When working inside the basement it is usually very easy to install insulation against the headers (between the floor joists), and it is very tempting to pack large amounts of insulation into these spaces. This temptation must be resisted since it might provide more insulation on the inside of the air-vapour barrier than the outside — and, in so doing, it will bring the dewpoint location inside the barrier. The rule-of-thumb, described above, also applies to insulation levels around the headers.

* This practice may contravene some local by-laws.

### 4.8 Testing procedures and standards

There are currently no Canadian standards on air tightness of houses, but it is probable that, within a few years, Canada will follow the example of countries such as Sweden and establish both testing procedures and standards for air tight construction.

It is likely that the testing procedures will be based on the pressure testing technique. This technique has already been used extensively by the Prairie Regional Station of the National Research Council. A few manufacturers in Canada and the United States are now offering commercial models of the test equipment. Essentially, the technique consists of mounting a variable speed fan on one of the exterior doors. The fan is set up to draw air from the house. After a short period of operation, a steady condition is reached in which the air extracted by the fan is balanced by air infiltrating into the house. By measuring the air flow rate through the fan, and the pressure difference that has been established between the house interior and exterior, a comparative assessment of the air tightness of the house can be made. It is necessary to emphasize the comparative nature of this test; it does not provide a good approximation to the conditions that exist in normal house operation, and there is no generally accepted way of deriving the natural infiltration rate from the test results, but it is a reliable and repeatable test procedure that can measure how tight the house is compared with some 'standard'.

The Swedish standard for air tightness requires the house to have an air change rate less than 3 ach when subjected to a pressure differential of 50 Pascals* – as measured by a testing procedure similar to the above. It is probable that a Canadian standard would be stated in much the same way, though perhaps with a different air change requirement. The Swedish standard would not be too effective in many parts of Canada, since the average house performance already falls fairly close to this standard.

### 4.9 Some general comments on design problems

House designers can play a major part in simplifying the air-vapour barrier installation and reducing its cost. The air-vapour barrier installer has a much easier task if he can work in a house that has a simple rectangular shape. As soon as stylistic features are introduced into the house design the air-vapour barrier starts to become more complicated and there is a consequent increase in cost.

Different building styles create different problems for the installer. After two or three years' experience the installer will have a fairly good idea of how to tackle the various problems. During those first two or three years, while the installer is learning the new skills, he will find that a good set of detailed drawings are of great help. The air-vapour barrier requires a lot of preparatory work at various stages of framing, and the amount of preparatory work increases with the complexity of the building design. This preparatory work is a critical part of the air-vapour barrier installation, and if it is not done right it could defeat the whole object of the barrier. During the framing work it is sometimes difficult to visualize where the air-vapour barrier should go, and where the preparatory work is needed. This is where a good set of drawings becomes useful.

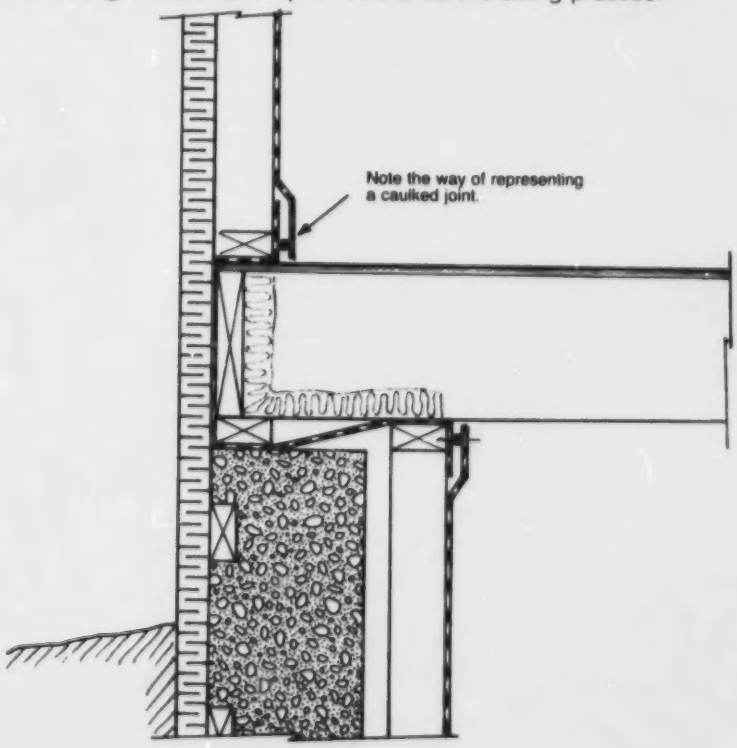
* 1 Pascal is equivalent to a pressure of 0.0025 kg/m (0.000145 psi) or the pressure exerted by 5 mL (a fifth of an inch) of water.

As a general rule (until the installers have learned instinctively what to do) design drawings should be required to include all relevant barrier detail. This will not only help the installer directly, but it will also help to simplify the barrier design – since the designer will have to identify the main problems on the drawing board and find effective ways around them.

## 4.10 Preparation of house drawings

The air-vapour barrier calls for an entirely new approach in the preparation of house drawings. It is not good enough to show a vertical wall section and indicate the position of the barrier, because the real installation problems do not occur on walls or ceilings – they occur at corners and other structural breaks. Air-vapour barrier designs should therefore concentrate on details at corners, around floor headers, at the point where split-levels intersect, around stylistic features and so on. Also, it may often happen that a particular barrier detail is affected by the direction of the wall, the joists or the trusses. In fitting the barrier around a joist header, for example, the design detail may depend on whether the header runs across the end of the joists or parallel to the joists. In cases like this, both design details should be given.

When showing air-vapour barrier detail on a drawing, the aim should be not only to show where the barrier is located, but also in what sequence it is installed, where it should be joined and how it should be joined. The builders on the Energy Showcase have developed a variety of ways of doing this. The best way – because it is the most easily understood – is a large-scale schematic detail. The following drawing is an example of this technique, and shows the air-vapour barrier detail around a floor header with a developed basement. It is recommended that this technique, or something similar, be adopted as standard drawing practice.



## How to install an air-vapour barrier

# 5.0 Choice of materials

## 5.1 The air-vapour barrier sheet

Polyethylene sheet is recommended. There is no great technical advantage in using one thickness rather than another, and the selection of thickness should be based on constructional factors. 0.05 mm sheet is too easily damaged during installation and subsequent construction work. 0.10 mm is slightly less resistant to damage. 0.15 mm is the best choice.

## 5.2 Caulking material

The use of caulking material for joining two sheets of polyethylene has never been thoroughly tested. To remedy this defect, Saskatchewan Research Council has conducted simple tests on a wide range of caulks and sealants. The tests closely simulated the actual conditions of a caulked joint. A bead of material was run between two sheets of polyethylene, and the two were then pressed lightly together. The joint was then inspected at intervals over a period of one year to determine its adhesion and flexibility. During this period the samples were maintained at normal room temperature. It should be noted that this is not an authoritative testing procedure – it merely gives a good idea of the most suitable type of caulk or sealant.

The tests were conducted on 45 different commercial products – this being the number of different types available through retail and wholesale outlets in 1979. New products have become available since 1979, but these have not been tested.

Many of the samples lost adhesion or became too rigid after only a few months. Eleven samples maintained their flexibility and adhesion for six months. Only three samples maintained their adhesion and flexibility after one year.

The following materials lasted up to six months:
**DAP Butyl Flex**
**MACCO Guard House**
**MACCO Gutter Tite**
**GRACE Hornseal**
**GIBSON-HOMANS Butyloid**
**PRC Acoustical Sealant**
**CHEMTRON Metaseal Acoustical**
**MIRACLE Adhesive SCS #21.**

The following materials were still satisfactory after one year:
**TEMCO Butyl Sealant**
**TREMCO Acoustical Sealant**
**PRC Rubber Caulk #7000.**

The authors of this guide feel that it would be wrong to endorse one group of materials and condemn another group on the basis of the tests described above. There is an obvious need for authoritative testing of caulks and sealants for air-vapour barrier use. Until such tests are instituted, builders may wish to base their selection of sealant on the above information.

Throughout this guide the terms sealant and caulk will be used in the following sense: sealant implies the joining and sealing of two materials; caulk implies the filling of cracks or openings. The same materials can be used for caulking and sealing.

# 6.0 A general guide on installation procedures

**6.1** The air-vapour barrier should be installed in such a way that it provides a completely sealed envelope, except at doors, windows, vents and other obstacles.

**6.2** The air-vapour barrier should be terminated at doors, windows and other obstacles using the detailed procedures given in this guide.

**6.3** All joints between two sheets of polyethylene should be made against a solid wood backing. A continuous bead of caulking material should be run along the joint between the two sheets. The two sheets should then be pressed lightly together along the line of the caulk, and the joint should then be strengthened by driving staples into the wood backing and along the line of the caulk. It must be emphasized that caulk should not be treated as an adhesive; it cannot be relied upon to hold two sheets of polyethylene together without the support of staples.

**6.4** At the joint between two large sheets of polyethylene, the two sheets should be overlapped by at least one stud space or one truss space.

**6.5** Joints should be stapled at intervals of about 150 mm. If the polyethylene sheet is very wrinkled at the joint, an extra amount of caulking material and a closer spacing of staples will be necessary.

**6.6** When installing a sheet of polyethylene at an inside corner at least 150 mm of spare material should be allowed at the corner, to prevent it from pulling tight at the corner and being damaged during subsequent drywall installation.

**6.7** Generally speaking, it is better to use too much caulking material and polyethylene sheet, rather than too little.

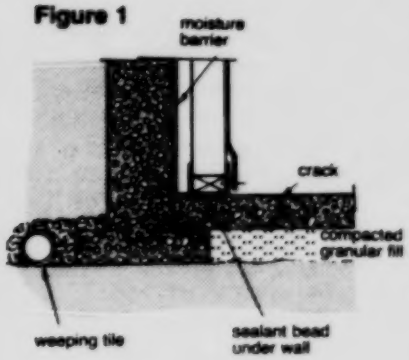
**6.8** If wind forces are likely to be a problem during construction, all stapled joints and all stapled attachments of the sheet to the wood frame should be strengthened by driving the staples through pieces of strong tape placed on the sheet at the stapling point. One way of relieving the wind loading on the vapour barrier is to leave out a large section of the ceiling barrier – about 10 square metres – which is then sealed and stapled in place just before the drywall is installed.

**6.9** Where the polyethylene sheet is likely to be damaged during construction it should be protected with thin sheets of plywood or panel material. Typical examples occur on the outside of floor headers, where the sheet can be protected with a permanent covering of plywood. Also, in some preparatory work, a loose strip of polyethylene is left at the foot of the walls, ready to be joined later to the wall vapour barrier. A temporary protective strip of material should be laid on top of this exposed vapour barrier, particularly at exterior doors.

**6.10** When the air-vapour barrier installation is complete, and before it is covered by other work, it should be given a careful inspection for damage or poor joints. Small holes in the barrier can be repaired with vapour barrier tape; large holes or rips can be repaired with a generously sized patch of polyethylene, caulked to give a thoroughly sealed joint. Where possible, patches should be made large enough to cover the damage and overlap any wood frame nearby – so that the seal can be strengthened with staples.

# 7.0 Foundations

**Figure 1**



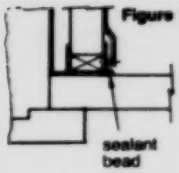




Figure 1 shows the arrangement around the footing of a concrete basement. When the basement is finished with an insulated stud frame, the bottom plate should be protected against moisture damage by a strip of vapour barrier around the bottom plate as shown. This moisture may come through the floor slab, or it may occur as a shallow pool of water that has run down the inside of the concrete foundation wall.

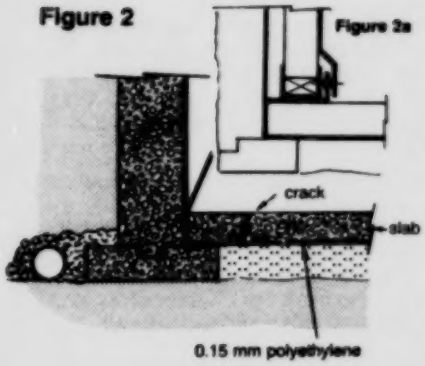
Air leakage under the bottom plate can be prevented by a sealant bead under the plate, as shown in figure 1, or by a bead along the edge of the plate, as shown in figure 1a. The second method is easier and has the advantage of being visible for inspection.

The wall vapour barrier is joined to the vapour barrier around the bottom plate as shown, with a sealant bead and staples.

**Note that the vapour barrier, and its method of attachment, will be indicated in this way throughout the guide. Also note that, to simplify the drawings, such things as sheathing board, plaster-board and insulation will not be shown unless they have a bearing on the vapour barrier design.**

The moisture barrier *is not* a vapour barrier. Its purpose is to control the flow of moisture through the concrete and into the house. The moisture barrier material has to allow the movement of water vapour but not the flow of free water. Vapour barrier materials are not suitable, but there is a wide range of moisture barrier materials in sheet, spray or paint form. The moisture barrier should cover the inside face of the concrete from the footing to a point level with the grade surface outside. It is good practice to carry the moisture barrier about 150 mm across the floor slab. The exterior of the foundation wall should be damp-proofed in accordance with Section 13 of Residential Standards 1980.

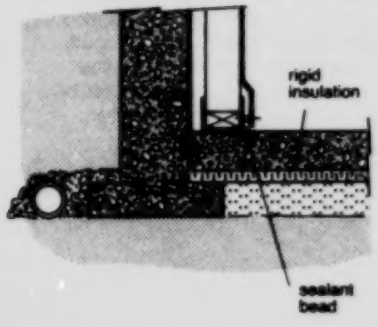
**Figure 2**




Air can flow quite easily through soil and, as a result, any cracks in the concrete foundation or slab can become channels for air leakage. They can also act as channels for the infiltration of radon – generated from naturally-occurring radioactive materials in the soil. It is not customary to install a vapour barrier beneath the slab in a concrete basement (though this is required if the basement is to be developed), but this may become standard practice — mainly as a way of reducing radon build-up in houses. Figure 2 shows how the slab vapour barrier should be routed, and figure 2a shows how it should be joined to the frame vapour barrier at a later stage.

The same effect, though not so effective, can be achieved by installing a sheet of low-permeance rigid insulation under the slab, as shown in figure 3. This also has the advantage of reducing heat losses through the slab.

**Figure 3**




There is some concern that the kinds of construction shown in figures 2 and 3 may have a weakening effect on the slab by depriving the concrete of moisture from the soil. The effect has not been fully studied. The National Research Council Building Practice Note ISSN 0701-5216 No. 8 by R.G. Turenne should be consulted. This recommends that the water/cement ratio be kept as low as possible, consistent with workability, and that recommended curing methods be followed.

## 7.1 Unheated crawl space

Figure 4 shows a typical arrangement for an unheated crawl space with concrete foundation. The moisture barrier inhibits the build-up of moisture in the crawl space, since this can lead to structural deterioration. The crawl space should be vented in accordance with Residential Standards 1980, Section 18C.

**Figure 4**

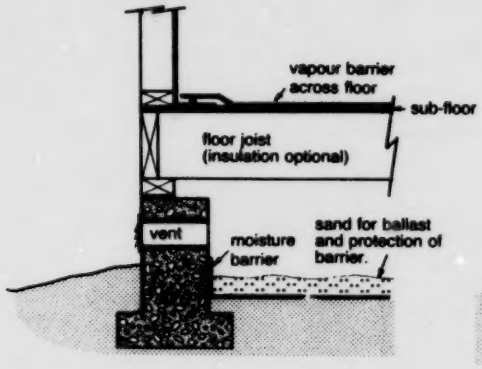



**Figure 5**

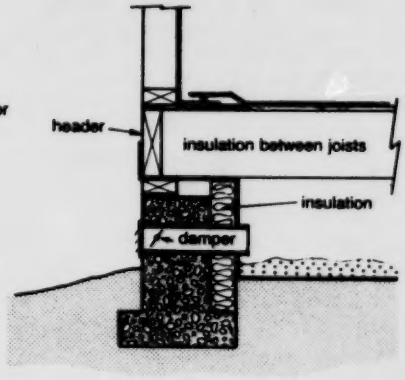



**Figure 6**

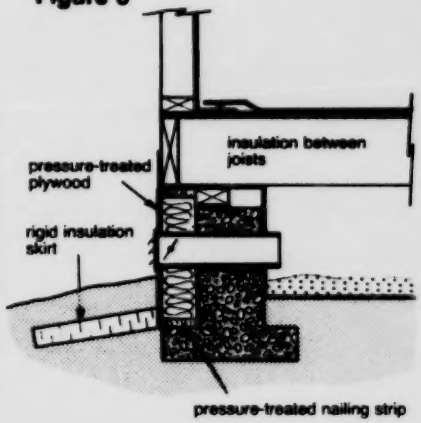



**Figure 7**

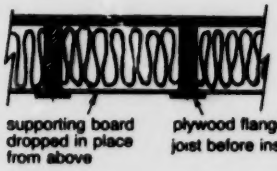



Figure 5 shows an improved design for an energy efficient house. Insulation is provided against the foundation wall to reduce heat losses, and the moisture barrier is extended around the header to reduce infiltration of cold air into the crawl space. The venting system should be provided with a damper, or some other system, to allow the vents to be closed in winter and opened in summer.

The insulation technique shown in figure 5 is not too good, since it isolates the foundation wall from the warming effect of the house, and exposes the concrete to severe temperature effects. Figure 6 shows an improved design, in which the insulation is placed on the outside of the foundation. The peripheral insulation skirt provides further protection for the concrete, and helps to reduce heat losses from the house.

Figure 7 shows a convenient way of supporting the floor insulation over the crawl space. This technique allows all the insulation work to be done from above.

### 7.2 Independent slab and foundation

Figure 8 shows an accepted way of installing a concrete foundation with an independent slab-on-grade. A continuous sealant bead is applied at the exterior joint of the wood frame and concrete. The rigid insulation reduces heat losses through the slab perimeter. In this design there is no good way of joining the slab vapour barrier and the wall vapour barrier, and some infiltration (of air or radon) will occur at the gap between the two.

An improved design is shown in figure 9. Note that a good joint of the two vapour barriers is made against the bottom plate of the wood frame. The sealant bead can still be applied on the exterior of the frame, but is not strictly necessary.

**Figure 8**

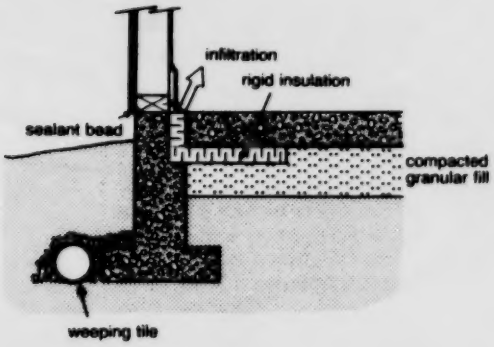
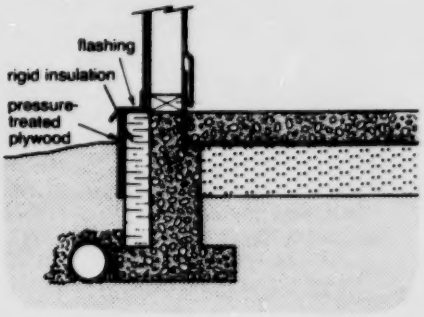



**Figure 9**




### 7.3 Combined slab and foundation

Figure 10 shows a typical way of installing a combined foundation and slab-on-grade. Air leakage at the joint of the wood frame and concrete is controlled only by a sealant bead, whose effectiveness can be destroyed by local cracks in the concrete.

An improvement in air tightness can be achieved with a simple extension of the slab vapour barrier, allowing it to be joined to the wall vapour barrier as shown in figure 11.

**Figure 10**

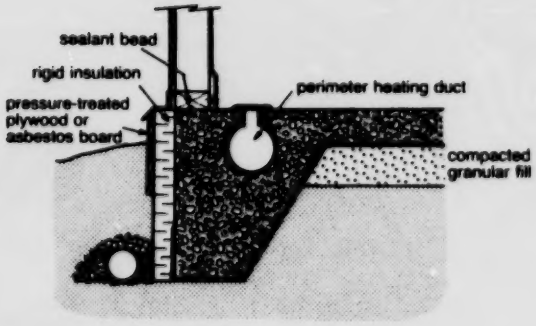
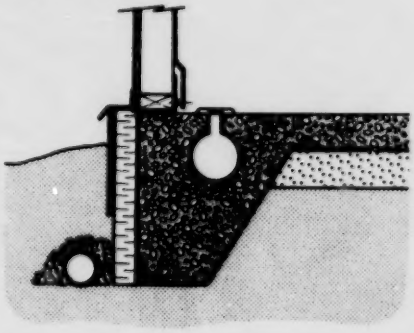



**Figure 11**



## 7.4 Pressure-treated wood foundation

Figure 12 shows a pressure-treated wood foundation with a concrete slab. Figure 13 shows the detail where the two vapour barriers come together. Note that the screed board is used to bridge the gap between the two vapour barriers. This is because there is no continuous wood backing – in an accessible position – along the foot of the wall. Also, the exposed edge of the slab vapour barrier is subjected to considerable damage when the slab is being poured and screeded.

Before the slab is poured, the vapour barrier should be stapled loosely in place against the wood foundation, allowing plenty of slack at the corners. A continuous sealant bead is then run along the vertical edge of the vapour barrier, and the screed board nailed in place through this bead. Later, the wall vapour barrier can be sealed and stapled to the screed board as shown.

### A note of caution

Before proceeding with this type of installation, builders should familiarize themselves thoroughly with the recommended procedures for pressure-treated wood foundations, and with any special local problems and requirements. The information published by the Canadian Wood Council should be consulted.

**Figure 12**

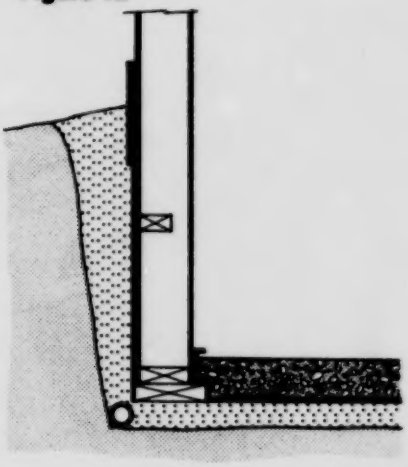
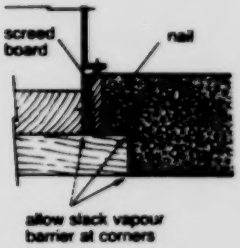


**Figure 13**



# 8.0 Working around floor headers

Figure 14 shows a typical construction detail where a platform-built wood frame is joined to a developed concrete basement. This type of construction, with the floor joists and headers set into the concrete, is fairly widespread. The air leakage paths, as indicated by the large arrows, arise partly because of the structural gaps and partly because of the break in the vapour barrier at this location. In some houses insulation is packed tightly at the top of the foundation wall. The main intention is to reduce air leakage, though the effectiveness of this measure is doubtful. Generally, this part of the structure accounts for somewhere around 10% to 20% of the total air leakage in the house, depending on individual construction details. A stuccoed exterior, for example, can reduce header leakage to a low level.

**Figure 14**

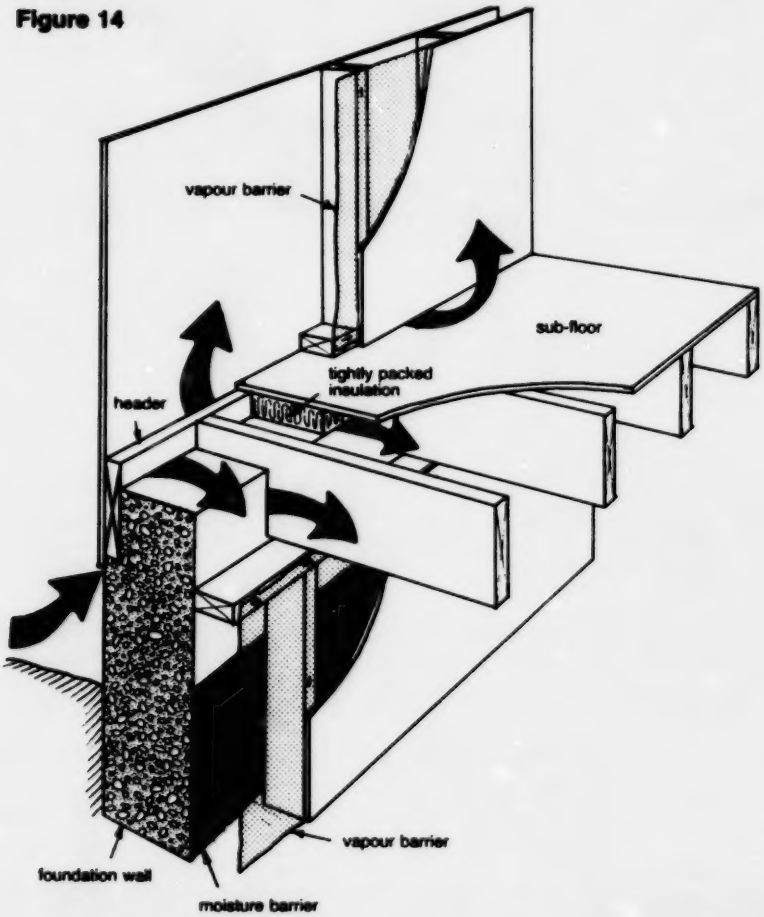
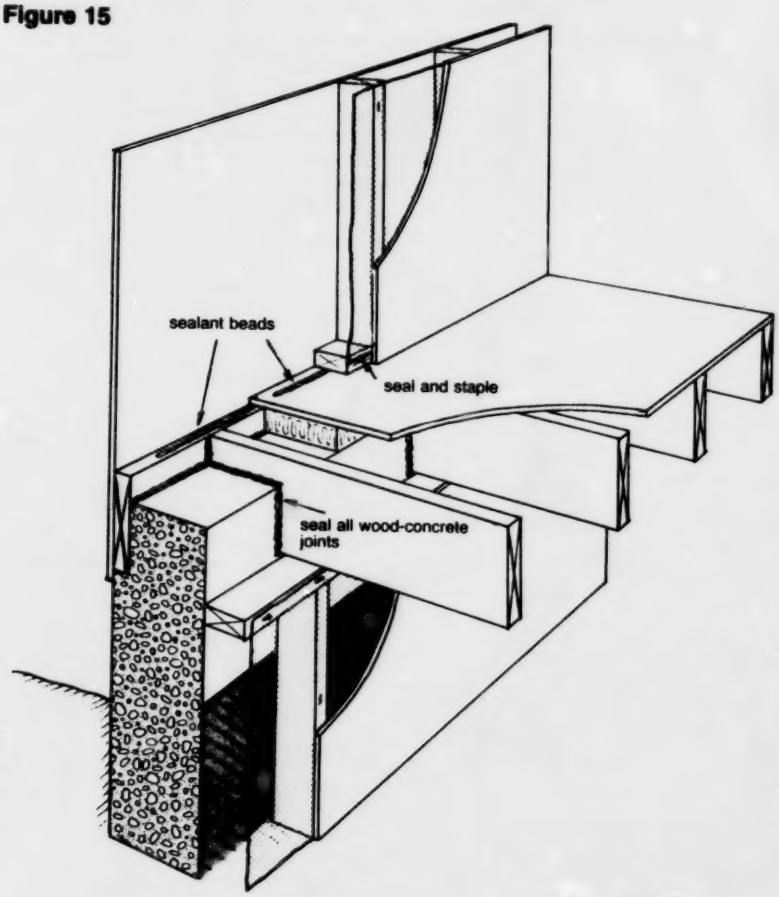


Figure 15 shows what can be done to seal the structure against air leakage. If this work is properly done, it can reduce air leakage to a negligible level at this point. However, it does not provide what is needed for good vapour barrier action. There will probably be some build-up of frost at the header and on top of the concrete foundation, since there is now no air circulation to carry away the water vapour. This technique will improve the thermal efficiency of the house, but it creates some risk of structural deterioration.

**Figure 15**



Figures 16 and 17 show two ways of improving this situation. In the first, kraft-backed batt insulation provides a continuity of vapour barrier. If this is to be effective, the vapour barrier component of the batt must be sealed to the sub-floor, the basement stud frame and the sides of the floor joists as shown. In the second method, the continuity of vapour barrier is achieved by using a rigid insulation panel that has low permeability (such as Styrofoam SM). This must be caulked and sealed as shown. Figure 17 also shows the best way of terminating the vapour barrier at the floor above.

Both methods require a great deal of time and care to achieve satisfactory results. For this reason they are probably not cost-effective in a professional building operation. Also, by blocking off the supply of warm air that would normally circulate against the headers above an undeveloped basement, this type of construction tends to produce cold spots at the points shown. This approach may be the best that one can adopt in a retrofit situation, but it is not recommended for new constuction.

**Figure 16**

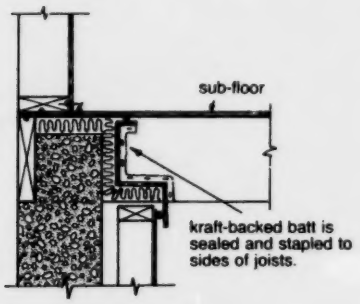
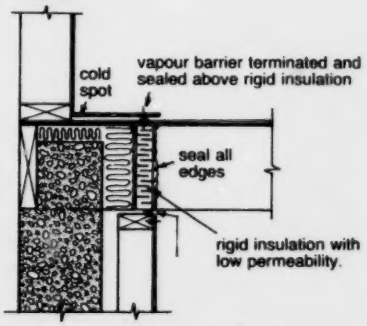



**Figure 17**



A reasonably good technique, for this type of construction, is shown in figure 18. There are three main features: first, the joists are raised above the concrete to allow a strip of vapour barrier to be passed around the header; secondly, the header is set back from the outside line of the foundation wall to allow the installation of insulation outside this vapour barrier; thirdly, the vapour barrier is passed beneath the sill plate to protect it from damage when the floor joists are being installed. The vapour barrier may still suffer some damage by being pressed against the upper surface of the concrete foundation; this can be alleviated by putting a felt or foam strip beneath the vapour barrier.

The rigid insulation outside the header should, ideally, be 25 to 50 mm thick. If it is less than 25 mm thick it will not provide much insulation effect. If it is more than 50 mm thick it will constitute a weak point when sheathing and siding are attached. A greater thickness **can** be used, but, to provide the necessary support for sheathing and siding, the insulation should be interrupted with vertical blocking nailed to the header as shown in figure 18a. This blocking should be installed on the same centres as the wall studs above.

**Figure 18**

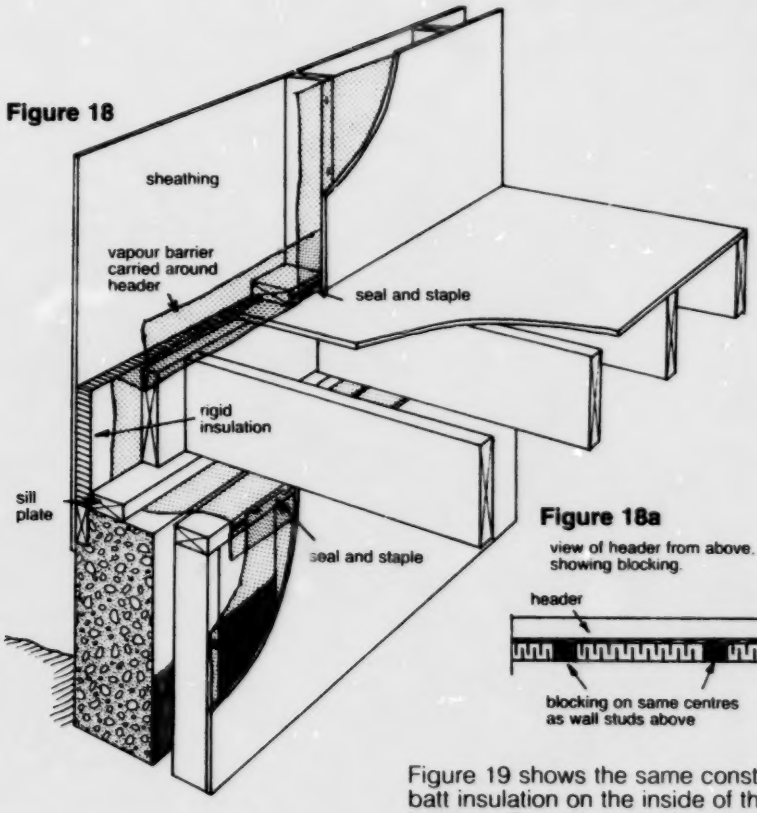



**Figure 18a**




**Figure 19**

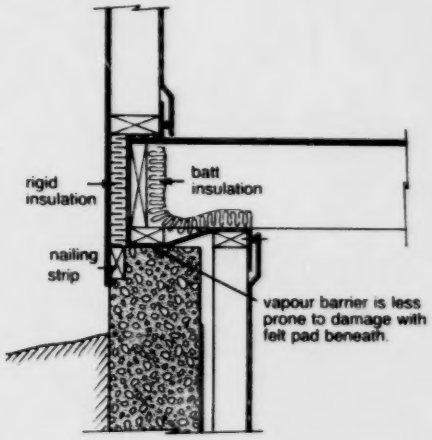
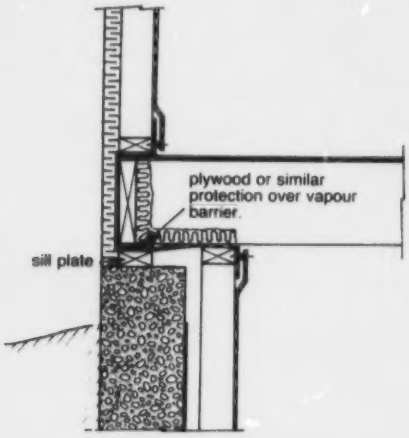



Figure 19 shows the same construction in sectional view, and also shows batt insulation on the inside of the header. Since there is so much space between floor joists at this point, it is tempting to pack the whole space with insulation. **This must not be done.** The amount of batt insulation that can be used at this point is determined by the amount on the outside of the header. The thermal resistance of the interior insulation should not be more than half that of the exterior insulation (see the earlier section dealing with positioning of the vapour barrier, Section 1, page 22).

# 8.0 Working around floor headers

Figure 20




## 8.1 The sill plate problem

Figure 20 shows an alternative and slightly improved routing of the vapour barrier. It should be noted that, since the rigid insulation terminates at the top of the foundation wall, the sill plate can experience low temperatures because of heat loss through the concrete. This can cause condensation problems at the sill plate. The solution is to place the sill plate outside the vapour barrier, as shown.

In a two-storey wood-frame house the vapour barrier is routed around the intermediate floor as shown in figure 26. Note that, in this situation, the vapour barrier is protected by a plywood strip instead of a 38 × 89 mm sill plate.

In figure 21, where the insulation is continuous down the wall exterior, there is no need to place the sill plate outside the vapour barrier, and there is a marginal cost saving in running the vapour barrier under the sill plate.

The same general comments and technique apply to pressure-treated wood foundations. Figure 22 shows the air leakage paths in a standard type of construction.

Figure 21

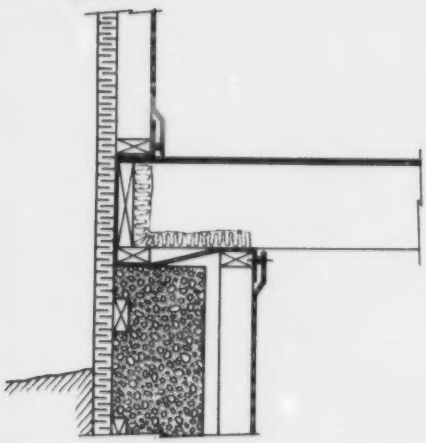


Figure 22

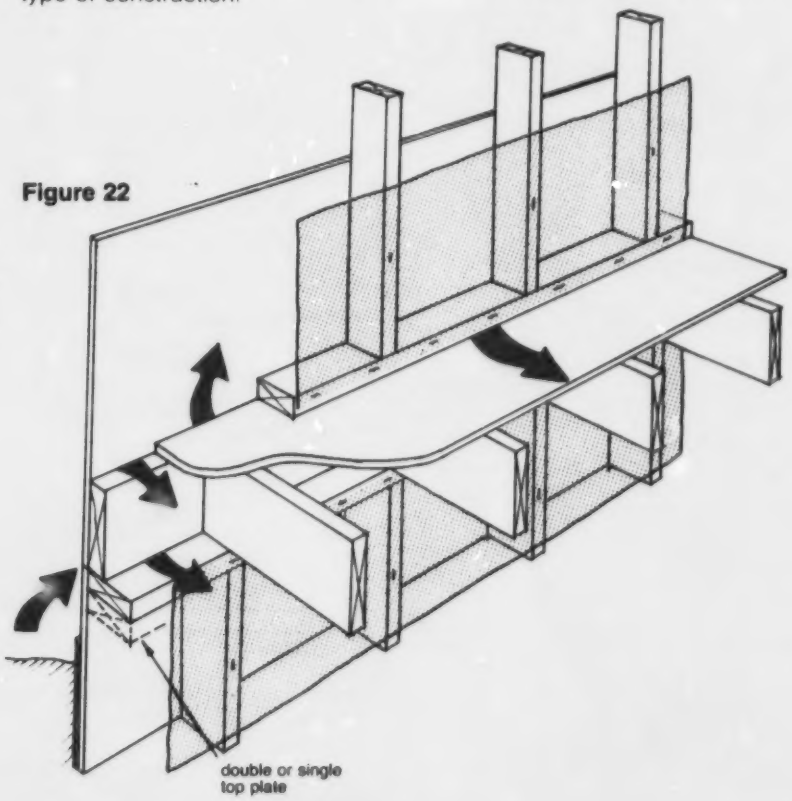



Figure 26

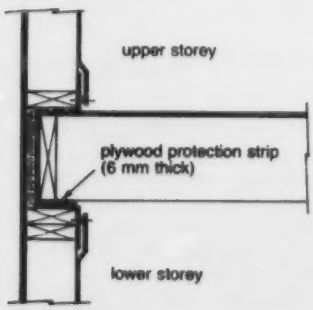


**Figure 24**

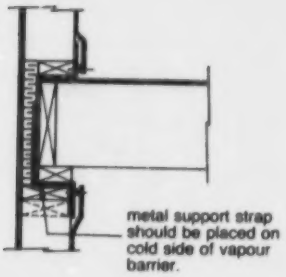



Figure 23 shows a set-back header with the vapour barrier passing around it. Basically the same design, with a different type of sheathing, is shown in figure 24. Note that the use of a 38 × 89 mm bottom plate on the upper wall allows a better level of insulation at this point.

Another design variation is shown in figure 25. In this design, because of the extra thickness of insulation at the header, it is advisable to provide extra support for the siding nails. The blocking detail shown in figure 18a is good, and so is a strip of plywood between the two layers of insulation.

**Figure 25**

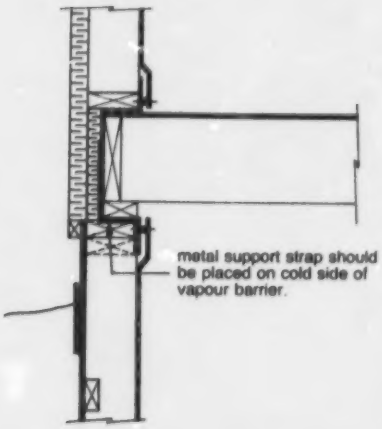
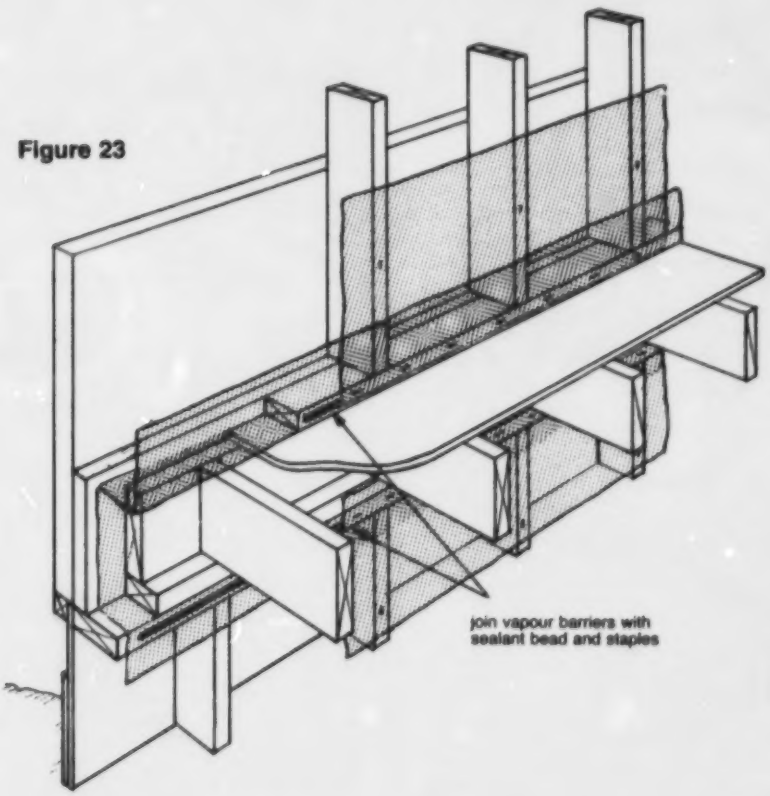



**Figure 23**



# 9.0 Support beam problems

**Figure 27**

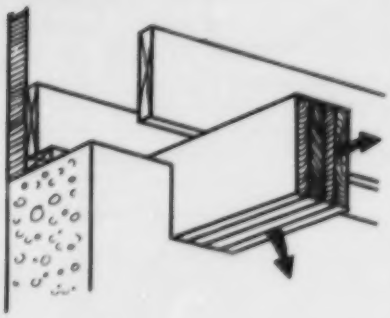
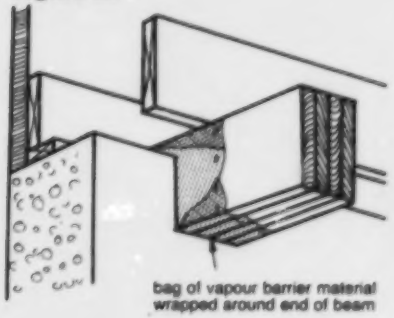


**Figure 28**




The support beam is a source of air leakage. Air can penetrate between the plies at the ends of the beam and pass along the beam – bypassing any vapour barrier work. Figure 27 shows this process.

One solution is shown in figure 28. The ends of the beam are wrapped in vapour barrier material before the beam is set into the concrete. This is not a good technique, since it exposes the vapour barrier to damage during the concrete work.

A better solution is to seal the ply joints at the ends of the beam, as shown in figure 29. The sealing work should extend at least 600 mm along the beam.

If this procedure is overlooked during construction, figure 30 shows one way of remedying the problem. A 6 mm hole is drilled vertically through the beam at each joint, then sealant is applied under pressure to fill these holes. Finally, the sealant is carried along the ply joints back to the concrete.

Figure 31 shows how the header vapour barrier should be attached to the support beam. Note how the beam butts against the sill plate; this eliminates the need for special folding or cutting of the vapour barrier at this point.

The next step is to cut the vapour barrier along the edge of the beam and fold it down over the basement stud frame, as shown in figure 32. Note that, once the stud frame is in position, it may restrict access to the header space in this area. Therefore, it is advisable to install the interior header insulation before installing the stud frame.

Finally, after the basement walls have been insulated, the wall vapour barrier is sealed and stapled around the support beam as shown in figure 33.

**Figure 29**

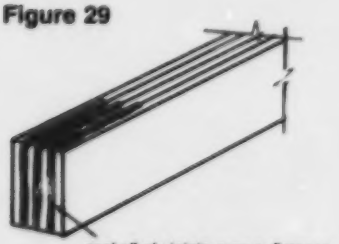



**Figure 30**

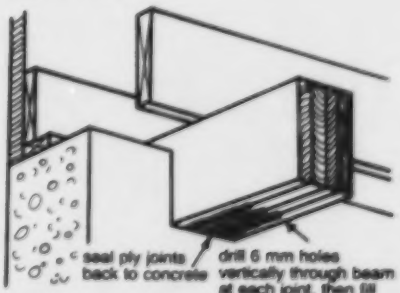



**Figure 31**

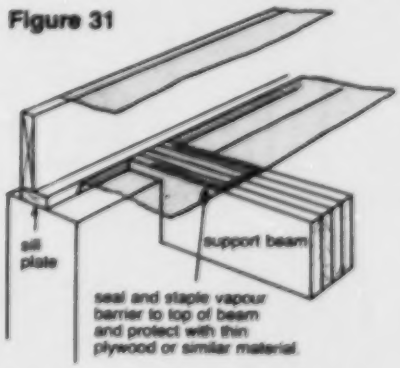



**Figure 32**

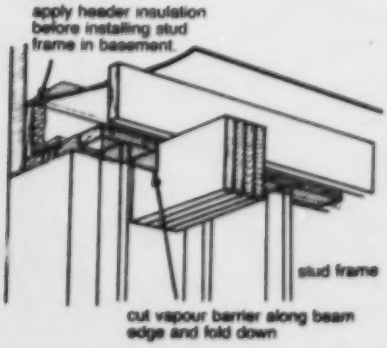
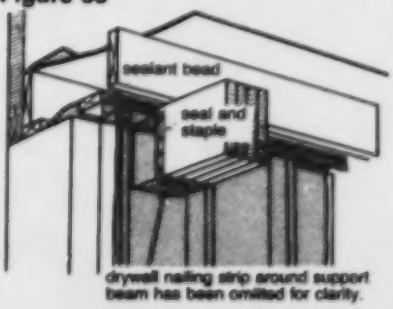



**Figure 33**



# 10.0 Partition walls

## 10.1 The problem

There are obvious advantages in scheduling house construction so that all the framing is done in one operation. This means that the partition walls are installed at an early stage of construction. Later, when the vapour barrier is installed, it has to be fitted around the various partition walls. This may create a number of air leakage paths as shown in figure 34.

This figure shows a type of construction that has been adopted recently by some sectors of the building industry. A strip of vapour barrier is sandwiched between the two top plates of the partition wall, as a way of maintaining vapour barrier continuity across the top of the wall. But, because the ceiling vapour barrier is not sealed to this strip, an air leakage path exists at the vapour barrier joint. This is not much better than an earlier technique, in which there was no vapour barrier strip between the wall top plates.

## 10.2 A moderately good solution

Figure 35 shows a partition wall with a single top plate, as favoured by some builders. This technique, however, can also be applied to a double top plate. It consists of sealing and stapling the ceiling vapour barrier to the sides of the top plate, and caulking all cable holes. A certain amount of air leakage can still occur through cracks and knot holes, therefore this is not an ideal technique.

**Figure 34**

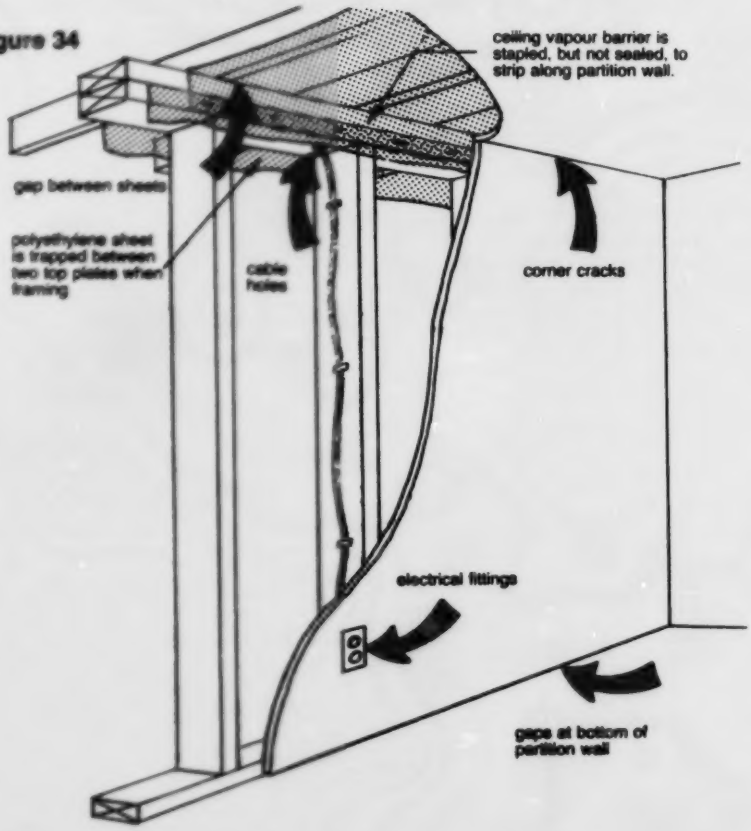
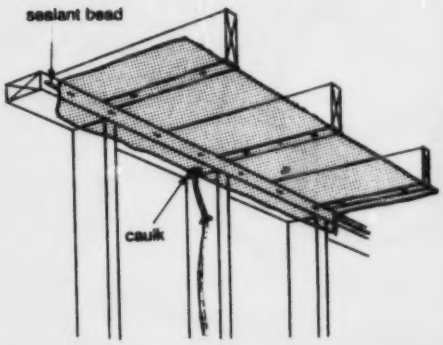



**Figure 35**

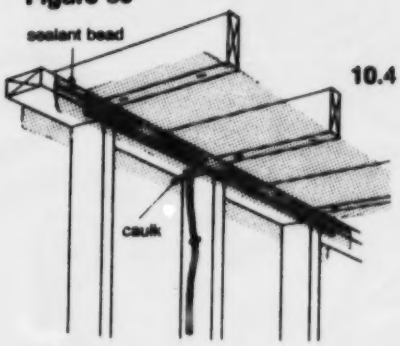



Note that Residential Standards 1980, Section 26E(5) requires continuity of vapour barrier at the top of partition walls.

### 10.3 Making matters worse

The defects of the top plate can be overcome by installing a strip of vapour barrier material over the top of the plate, and sealing it to the ceiling vapour barrier as shown in figure 36. This is not good practice; the vapour barrier at the top of the wall is exposed to damage when the roof trusses are being installed, and the vapour barrier provides a very slippery footing when the trusses are being installed.

**Figure 36**




### 10.4 A better solution

Figure 37 shows a better way, in which the vapour barrier is sandwiched between two top plates. This maintains vapour barrier continuity, provides a good footing for truss work, and places the vapour barrier out of harm's way. It is similar to the construction shown in figure 34, except that the two vapour barriers are sealed in this case.

When the partition wall runs parallel to the ceiling trusses it is usual to provide a nailing strip as a support for the ceiling plasterboard. This can provide the needed protection for the vapour barrier, making it unnecessary to use a double top plate, as shown in figure 38. The only problem with this construction is that it calls for a different type of construction on partition walls running parallel to the trusses and transverse to the trusses. A parallel construction needs only a single top plate, whereas a transverse construction needs a double top plate. This means that two different stud lengths are needed for the two types of partition wall. It simplifies matters if both walls employ a double top plate.

Figure 39 shows a partition wall parallel to the roof trusses, but with a double top plate.

If the preparatory strip of vapour barrier is accidentally omitted during construction, it is tempting to remedy the situation by running a strip of vapour barrier over the top of the finished wall. This creates no special problems on a transverse partition wall, but on a parallel wall it can give rise to air pockets beneath the insulation, as shown in figure 40. These pockets may run to the outside edge of the roof, creating channels through which cold air can circulate. This may cause frost build-up or condensation at the top of the partition wall.

**Figure 37**

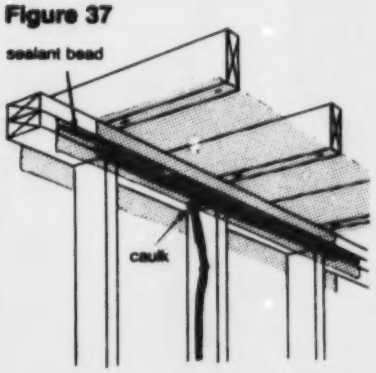



**Figure 38**

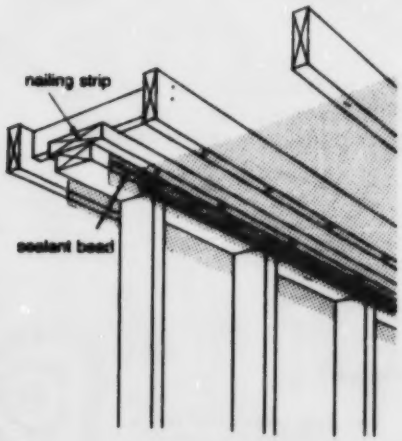



**Figure 39**

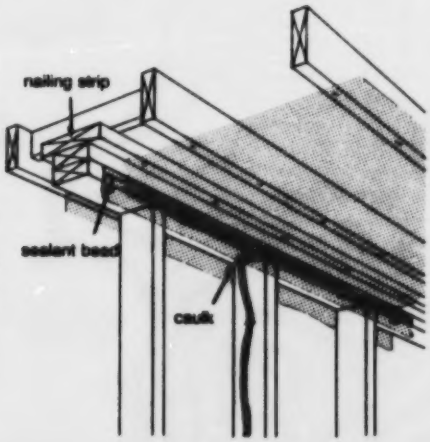



**Figure 40**

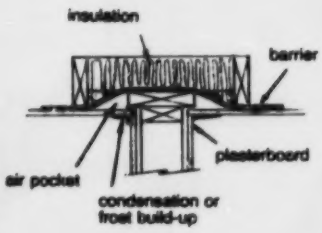
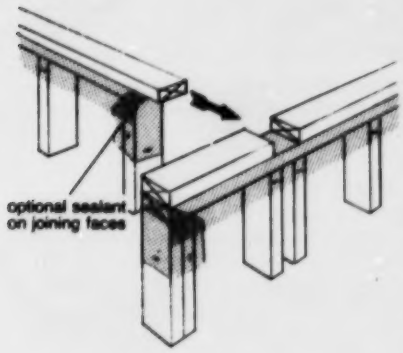


**Figure 41**




At the free end of the partition wall there is no need to indulge in elaborate dress-making procedures with the vapour barrier. It is simplest, and best, to fold the vapour barrier down the end stud and staple it neatly, as shown in figure 41. This allows a good joint between two partition walls, as shown.

It is difficult to fit the ceiling vapour barrier around the end of a partition wall without creating small gaps at the corners. Some patching is usually necessary, and this can be made easier by providing a suitable backing for the work. Figures 42 and 43 show preparatory work at the free ends of partition walls running in different directions with respect to the trusses.

**Figure 42**

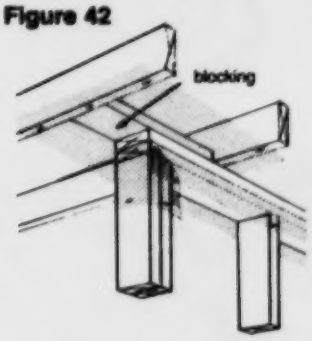
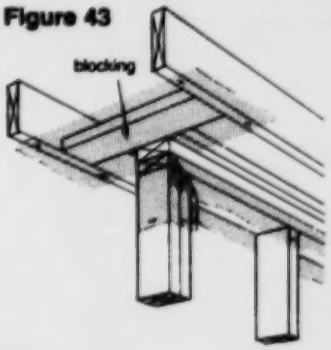



**Figure 43**




## 10.5 The partition wall as a whole

The preparatory work on a partition wall depends on where the wall is to be installed. Figure 44 shows a number of different partition wall configurations. Wall 1, for example, needs a preparatory strip of vapour barrier across the top and down the outside stud. Wall 4 needs preparatory work down the outside stud and along the bottom plate.

Figure 45 shows the preparatory work on a wall corresponding to Wall 1 in the above figure. Note that it is good practice to allow a generous amount of spare material at each end, rather than having to patch a piece that has been cut too short.

**Figure 44**

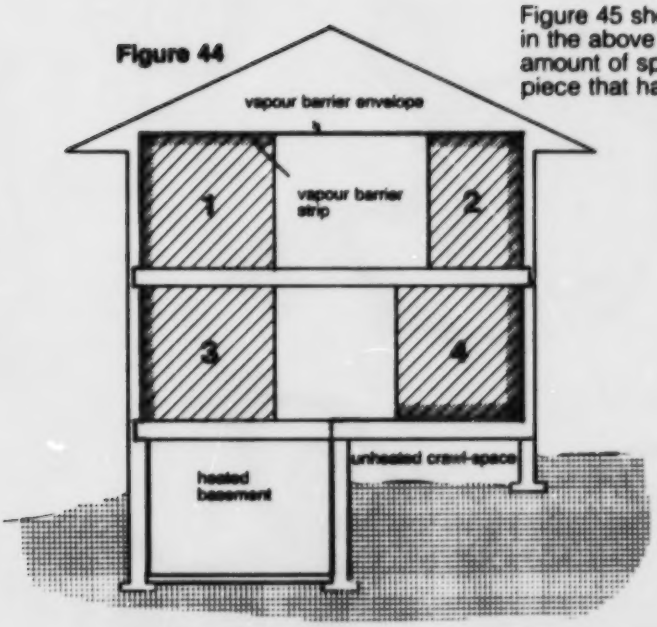



**Figure 45**

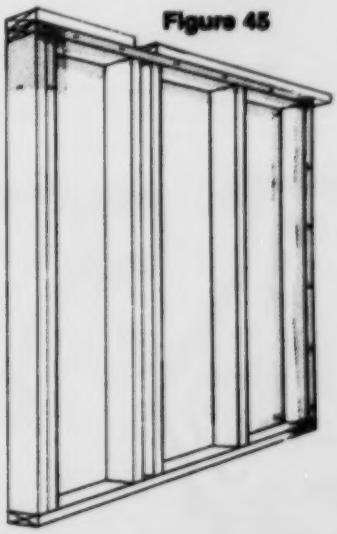


**Figure 47**

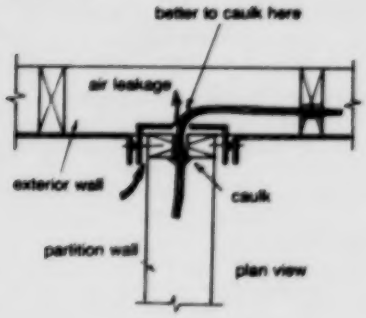



Figure 46 shows how this wall type is installed against the exterior wall. Note the way that it is joined to the vapour barrier that has been passed around the floor header. The best way is to coat the mating surfaces of the two vapour barriers with sealant before the wall is fixed in place.

Also note the horizontal blocking on the exterior frame. This provides backing for the plasterboard along this wall, and is an improvement on vertical nailing strips, since it allows a higher level of insulation at the end of the partition wall.

Figure 46 shows the most convenient way of caulking around an electrical cable where it passes through the end of the partition wall. This is not the best way of dealing with the problem, since it still leaves some slight risk of air leakage, as shown in figure 47. The best way is to caulk where the cable passes through the vapour barrier, as shown. However, this may not always be possible, and the advantages of this method are not great enough to justify any extraordinary changes in construction scheduling.

Figure 48 shows how to prepare a partition wall for a single storey wood frame over an unheated crawl space. The following sequence of figures is fairly self-explanatory, and demonstrates most of the features of fitting the house vapour barrier around a partition wall.

**Figure 46**

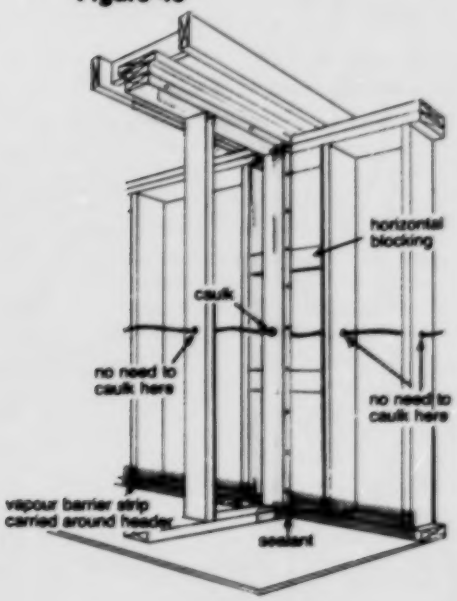



**Figure 48**

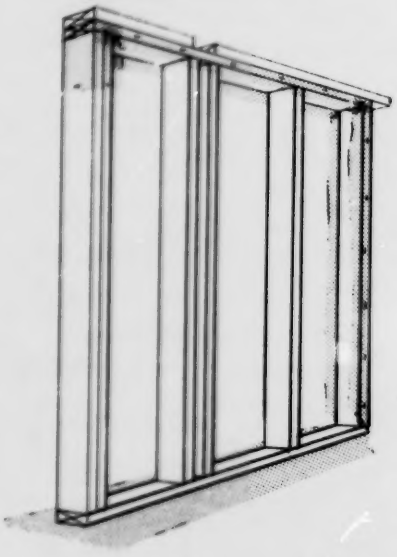


Figure 49: installing the ceiling vapour barrier.

Figure 50: installing the wall vapour barrier.

Figure 51 shows how the construction should appear on completion of the drywall work. The sub-floor is cleaned at this stage, and a continuous bead of sealant is run along the exposed floor strips just before the floor vapour barrier is installed.

Once this vapour barrier is in position there is some risk of damaging it. Special care should be taken during installation, and the underlay should be installed on top of the vapour barrier as soon as possible.

**Figure 49**

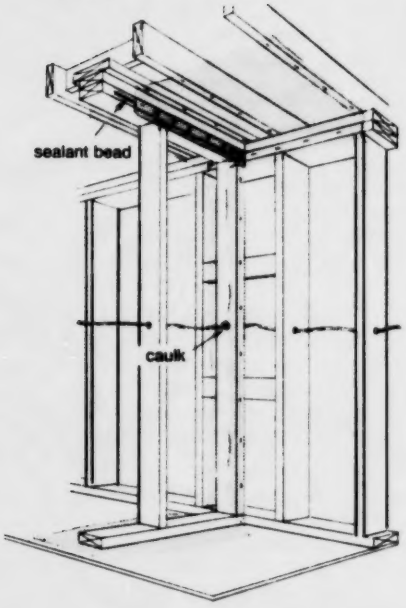



**Figure 50**

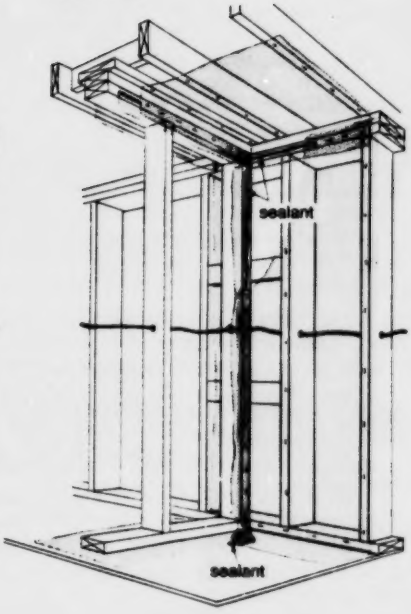
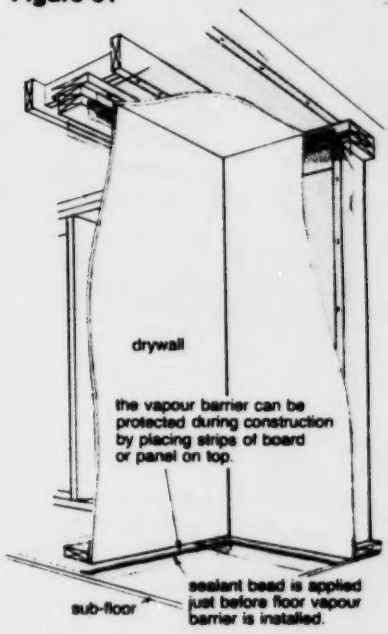



**Figure 51**



# 10.0 Partition walls

**Figure 52**

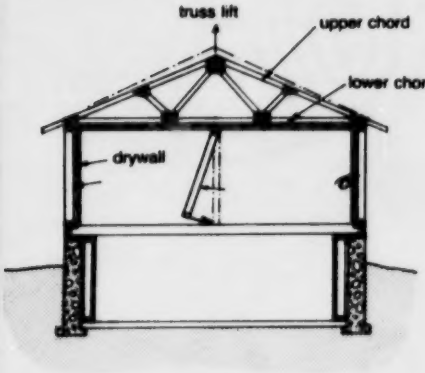
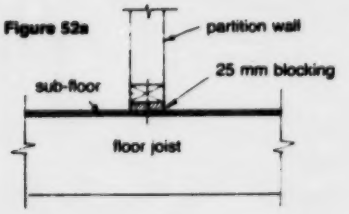



**Figure 52a**




## 10.6 The best way of dealing with partition walls

By now it should be clear that partition walls add considerably to the complexity of air-vapour barrier construction. This leads to an important point:

**In a conventional house there are advantages to be gained by scheduling all the framing work in one operation, but in an air tight house these advantages can be more than offset by the problems of fitting the vapour barrier round the partition walls.**

Builders of energy-efficient houses have shown some interest in a new type of construction, in which the vapour barrier is installed before the partition walls are put in place. This allows the vapour barrier to be installed around the building shell with a minimum number of joins and interruptions. The saving in vapour barrier installation costs probably outweighs the cost penalties of an interrupted framing schedule and electrical installation schedule.

The main features of this type of construction are shown schematically in figures 52 and 52a. The partition wall is built 25 mm short of its finished height, to allow it to be swung easily into place as shown. It is then fitted with 25 mm blocking under the bottom plate. When the wall is being maneuvered into position there is no problem in feeding existing cables into the partition wall.

The main issue raised by this type of construction is: should the partition walls be installed before or after drywalling the building shell. There is only a slight advantage in installing the partition walls first: it makes it easier to see where nails should be driven to hit the framing, but, at the same time, it leaves the vapour barrier exposed to wind effects over a long period.

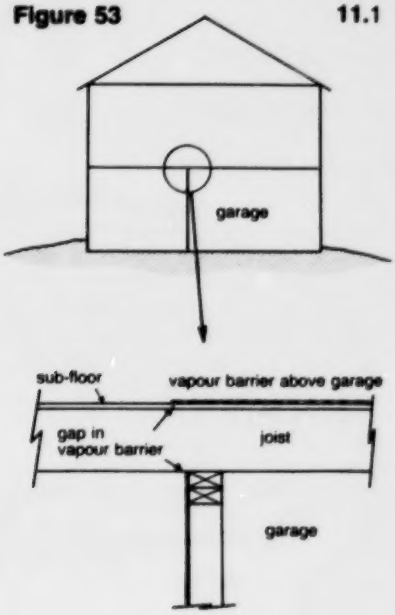
The other technique -- installing the partition walls after drywalling the shell – gives better all-round protection of the vapour barrier. It protects it against wind loading and against possible damage when the partition walls are installed. It also gives better long-term protection against the effect of truss lift. Note that the ceiling trusses are able to support the ceiling drywall without the assistance of partition walls – the concerns of some builders on this point are groundless.

Truss lift can occur when there is a different moisture content in the upper and lower chords of a roof truss. In winter, the lower chord is warmer than the upper one, and has a lower moisture content. The upper chord therefore tends to expand, relative to the lower chord. This creates a lifting effect at the centre of the truss, and can lead to the formation of cracks in the drywall, where partition walls meet the ceiling. In an energy-efficient house, the extra insulation over the lower chord produces a greater temperature differential between the upper and lower chord. It is anticipated that this will produce an even greater lifting effect, though there has not yet been enough systematic study to confirm the effect. If the effect becomes a problem in energy-efficient houses, then truss designs may have to be changed to counteract it.

The type of construction shown in figure 52 – with the partition walls installed below the drywall – gives good protection against truss lift. It will not prevent the formation of cracks at the top of partition walls, but it will prevent a major impairment of the vapour barrier above the partition wall. For this reason, and the possible saving in construction costs, the authors therefore recommend this type of construction.

# 11.0 Dealing with problem corners

**Figure 53**




## 11.1 Attached garage

Figure 53 shows the problem of maintaining vapour barrier continuity around an attached garage. The joists create a break in the vapour barrier, and there is no easy or efficient way of overcoming the problem.

The recommended solution is shown in sectional view in figure 54, and in perspective in figure 54a. The gap in the vapour barrier is bridged with either wood blocking or rigid insulation with low permeability (such as Styrofoam SM). If wood blocking is used, the construction can be improved slightly by painting the warm side of the blocking with a vapour-barrier-type paint or by wrapping the blocking in polyethylene before installation. The sealing work is particularly important: the aim is to achieve an airtight seal between the free edges of the two vapour barriers.

**Figure 54**

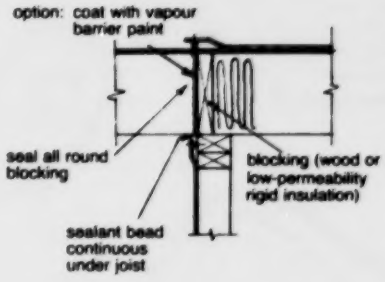



**Figure 54a**

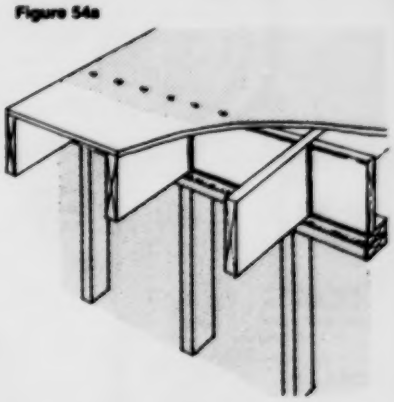
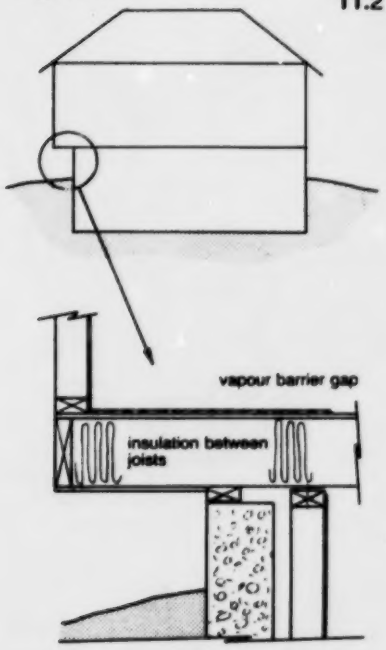


**Figure 55**




## 11.2 Overhangs

The problem area is shown in figure 55. The situation is similar to that of the attached garage (figure 53): the vapour barrier gap has to be bridged through the joists.

The procedure shown in figure 56 is **not an acceptable solution.** It places the vapour barrier outside the overhang insulation, and is certain to cause moisture problems inside the floor structure at this point.

The recommended solution is as shown in figure 57. The technical details are exactly the same as for the attached garage (figures 54 and 54a). Note that if rigid insulation is used for the blocking between joists, the building code requires it to have a protective covering.

**Figure 56**

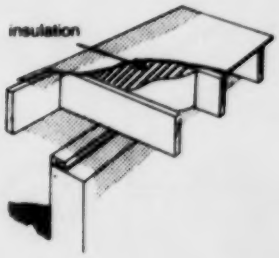
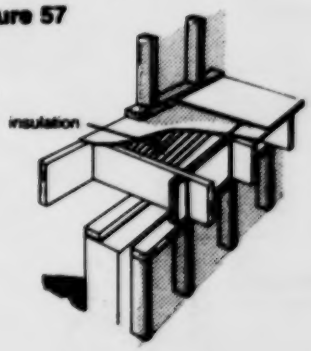
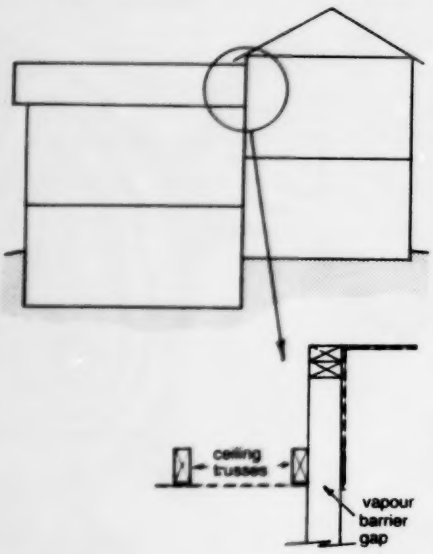



**Figure 57**



# 11.0 Dealing with problem corners

**Figure 58**




## 11.3 Split level ceilings

The problem is to bridge the vapour barrier gap through the stud wall, as shown in figure 58.

Figure 59 shows four acceptable solutions, though each has some advantages and disadvantages:

In figure 59a the gap is bridged with sealed wood blocking. The technique is laborious if it is to be effective.

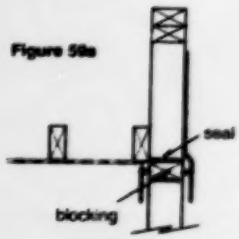
Figure 59b shows a good solution that requires no extra framing work. However, this is not a good solution if this wall serves as a plumbing wall, since it adds to the complexity of sealing round pipes and stacks.

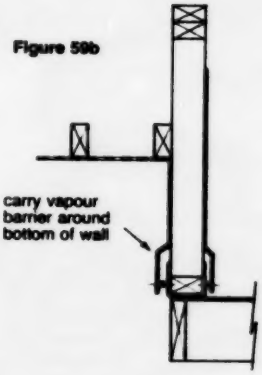
In figure 59c the vapour barrier routing has been simplified by breaking the stud wall into two pony walls. It is good from the point of view of vapour barrier continuity, but it is not good from a structural point of view (problems of shrinkage and alignment of the two wall sections).

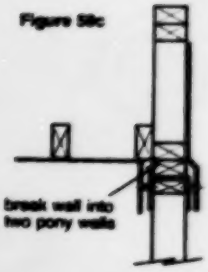
Figure 59d is technically sound, and achieves good air tightness at low cost. There is no objection to routing the vapour barrier outside the stud, provided that there is twice as much insulation on the cold side as on the warm side. There are problems in stacking an adequate amount of insulation against this vertical wall. These can be overcome by using 100 mm of rigid insulation, which also helps to protect the vapour barrier.

The technique shown in figure 59d can also be applied when the roof trusses run at right angles to the stud wall, as shown in figure 60. The only difference is the inclusion of a nailing strip. The main purpose of this nailing strip is to provide a solid backing for joining the two pieces of vapour barrier, but it can also be used for attaching the bottom corner of the trusses.

**Figure 59**



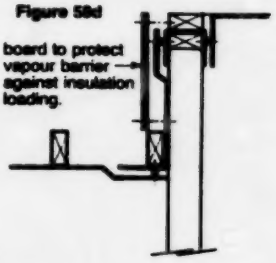
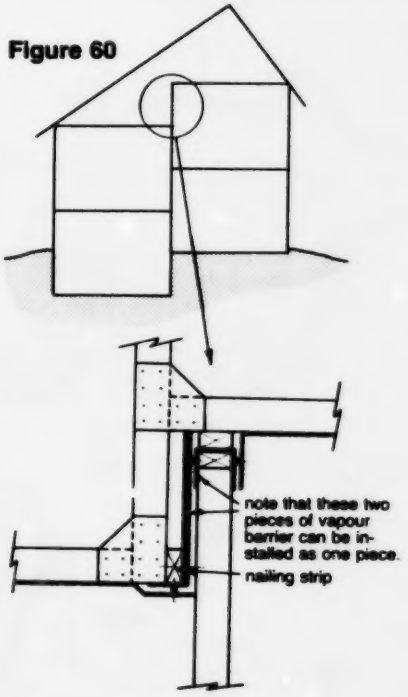




**Figure 60**



## 11.4 Split-level floor over an unheated crawl space

Figure 61 shows the problem area, and the recommended solution for a pressure-treated wood foundation. The problems of vapour barrier installation at this point are aggravated if the house is designed with a continuous vertical stud wall. In figure 61 the vapour barrier routing is simplified by allowing the floor structure to break into the stud wall.

A similar technique can be applied with a concrete foundation, as shown in figure 62. Note that the floor joists are cantilevered over the foundation wall to simplify the constructional details. The sill plate is moved to the inner edge of the foundation wall to give better support for the load-bearing wall above.

**Figure 61**

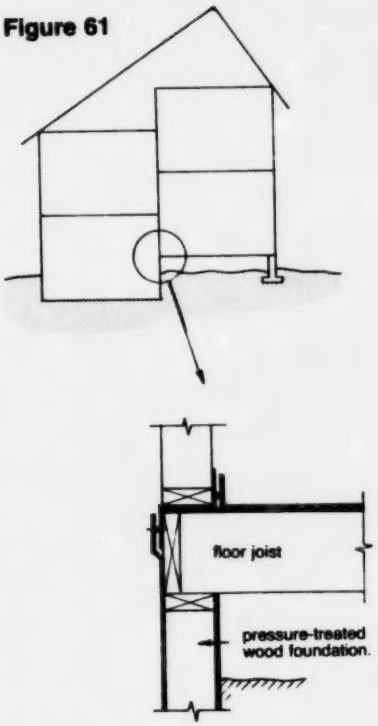
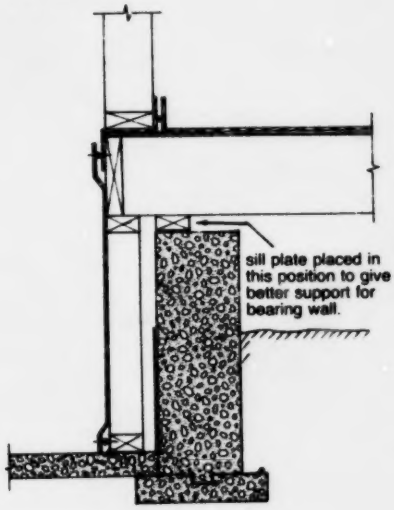



**Figure 62**



# 12.0 Doors and windows

## 12.1 The problem

Conventionally, the vapour barrier is terminated around doors and windows as shown in figure 63. A rough opening is cut in the vapour barrier, and the edges may be stapled to the surrounding wall frame, but there is usually no significant attempt to seal around the window. A large gap, often as wide as 12 mm, exists around most doors and windows installed in this way. This provides a major channel for air leakage, and the only barrier against this leakage is exterior and interior trim, neither of which is effective.

## 12.2 An easy solution

The obvious solution is to carry the vapour barrier to the edge of the window frame and seal it to the frame as shown in figure 64. This is a good technique, if properly done, but there is not much exposed frame to work on.

**Figure 64**

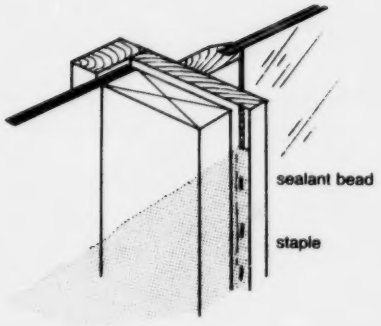
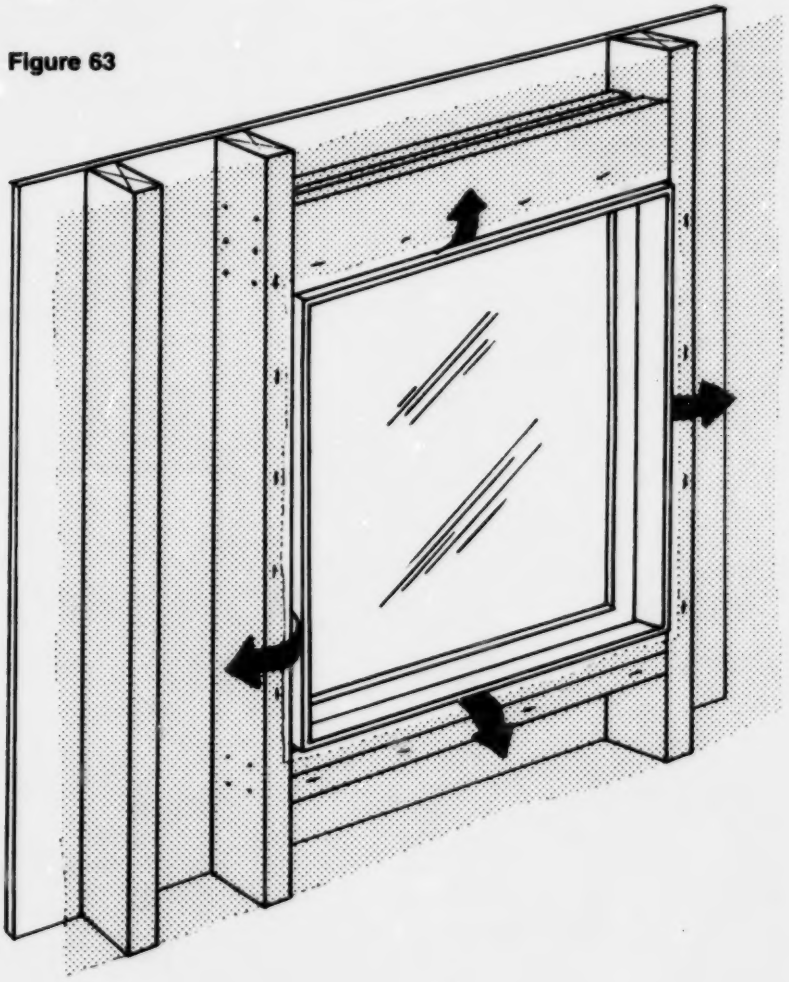
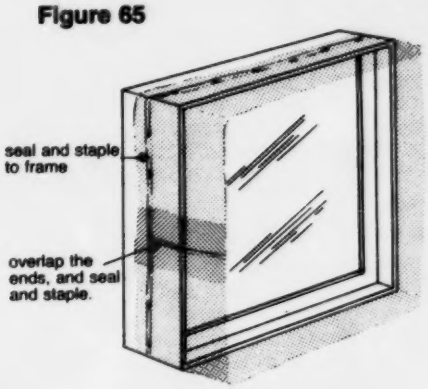



**Figure 63**



## 12.3 The best way

**Figure 65**




The procedure shown in figures 65 and 66 is generally more reliable. A strip of vapour barrier material is sealed and stapled around the window frame before insertion, as shown in figure 65. When the window has been positioned in the wall, the strip of vapour barrier is folded back against the face of the wall, and the main wall vapour barrier is joined to it as shown in figure 66.

The only problem with this method is that the window vapour barrier has to be cut at the corners before it can be folded back against the wall. The corner cuts then have to be repaired with vapour barrier patches, which can be time-consuming. An alternative is to fold a small amount of spare material into the vapour barrier at the window corners, as shown in figure 67. To avoid air leakage through the folds, they should be sealed as indicated in the figure. Generally, an extra 25 to 50 mm of material will be adequate at each corner.

**Figure 66**

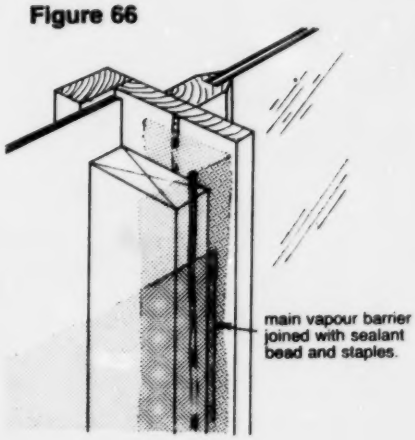



**Figure 67**

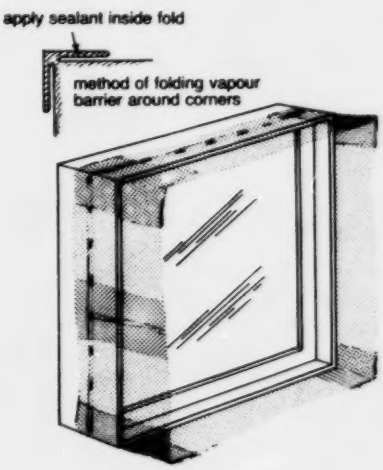



**Figure 68**

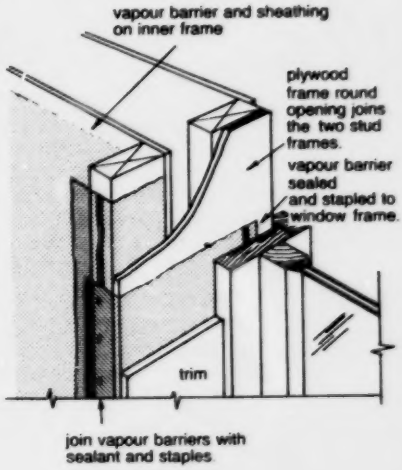



**Figure 70**

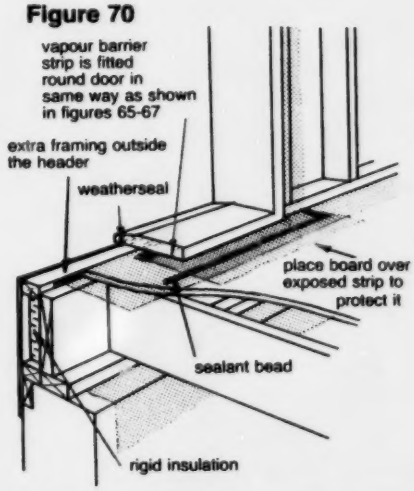



Figure 68 shows a window installation in a double frame wall. This wall design will be discussed in more detail at a later stage of the guide. Note that the wall vapour barrier and sheathing are attached to the outside of the inner frame, and that the vapour barrier is folded around the edge of the frame.

The treatment of doors is the same as that of windows, except that the door sill rests on the floor, and the vapour barrier at this point must be joined to the vapour barrier that passes around the joist header, as shown in figure 70. Note that the insulation outside the header is interrupted by extra framing under the door sill.

Figure 69 shows a bay window installation, and demonstrates a number of interesting features that have already been discussed. The detail at the top of the foundation wall is of particular interest. It is the same situation as shown in the overhang of figures 55 to 57, but this opportunity has been taken to show a slightly different approach. In this instance, the air tightness is achieved by sealing blocking between the joists, and by sealing this blocking to an extra sill plate. This is a useful technique when the basement is to be left undeveloped (for reasons that will be discussed later), and it can be adapted to a finished basement design by joining the vapour barrier as shown.

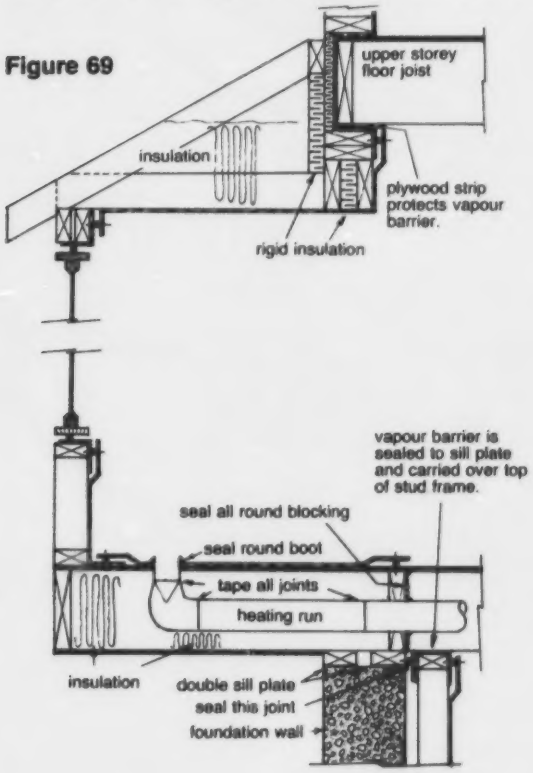
### 12.4 A note on air leakage through doors and windows

When care has been taken to seal door frames and window frames to the vapour barrier, it is inconsistent to use doors and windows that have a leaky construction. Doors and windows should have the same high standards of air tightness as the air-vapour barrier. When selecting doors and windows, as much thought should be given to their air tightness as to their general thermal performance.

When an exterior door is equipped with a storm door, or when a window is equipped with a storm window, the inner unit should always be made more air tight than the outer unit. Otherwise, moisture will be able to enter the space between the two units, but will find it more difficult to pass through the outer unit. The resulting build-up of frost or condensation could cause structural deterioration.

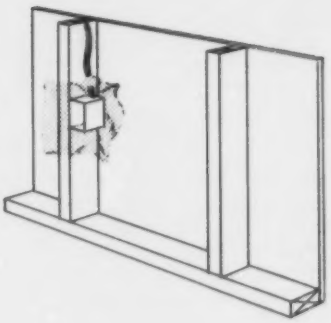
Some air leakage should be built into storm doors anyway, to disperse the pressure build-up when the main door is closed.

**Figure 69**



# 13.0 Electrical receptacles

**Figure 71**

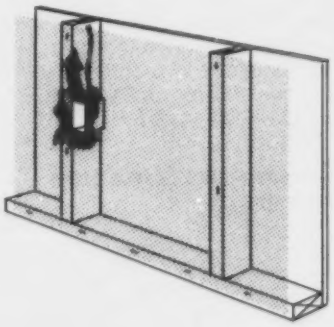


Figures 71 and 72 show the conventional way of fitting the vapour barrier around an electrical receptacle. A small piece of 0.05 mm polyethylene is wrapped around the receptacle at the time of installation, and is punctured to accept the cables. Later, the edges of this piece of vapour barrier are pulled through a hole in the main vapour barrier, as shown in figure 72. There is rarely any attempt to seal the two pieces of vapour barrier together, or to seal around the cable entries. As a result, there can be a large air leakage through the receptacle, and the extra vapour barrier work has not done much to improve the situation.

**Note that these details apply only in exterior walls, where the receptacle interrupts the vapour barrier.**

## 13.1 A good method

**Figure 72**



The air tightness at this point can be improved by using a larger piece of vapour barrier (0.15 mm) – large enough to allow attachment to the neighbouring studs and the bottom plate, as shown in figure 73. Sealant is applied around the cable entry and around the edge of the vapour barrier. This approach has two faults: first, there is no solid backing for the seal around the cable; secondly, since there is also no solid backing across the top of this piece of vapour barrier, a good seal to the wall vapour barrier cannot be guaranteed — particularly with the numerous folds that occur at this edge. The seal around the cable where it enters the vapour barrier can be made firmer by stapling the polyethylene to the blocking and caulking.

The method can be improved by adding blocking as shown in figure 74. Then, when the wall vapour barrier is installed, it is pressed lightly against the sealant bead and stapled along the line of the bead. This method gives a good air tight seal, and would be acceptable in an air-vapour barrier construction. There is a slight risk of air leakage around the unsecured sealing at the cable entries, but not enough to detract from the advantages of this low-cost, simple method.

If this method is adopted, it is important to provide plenty of spare material in the piece of vapour barrier, so that it can be folded loosely around the back of the receptacle. If it is pulled too tightly against the receptacle it may be damaged by the sharp screws protruding through the back.

**Figure 73**

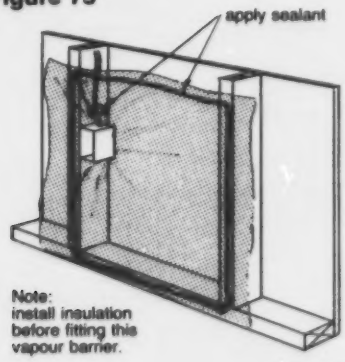



**Figure 74**

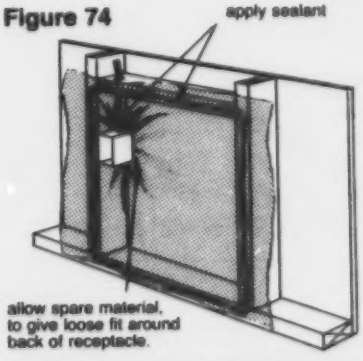
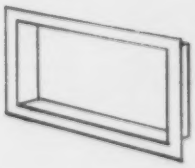


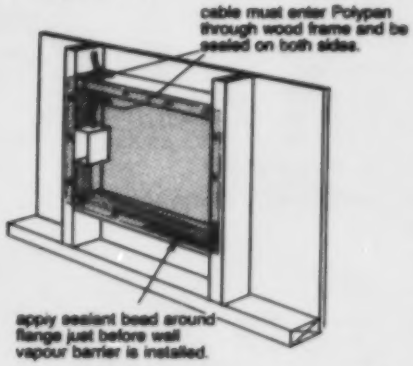

**Figure 75**



## 13.2 Variations on the method

A number of commercial products, designed to simplify vapour barrier work around receptacles, are now being marketed. One such is the 'Polypan' shown in figure 75. This is a shallow, rectangular pan molded in polyethylene.

**Figure 76**

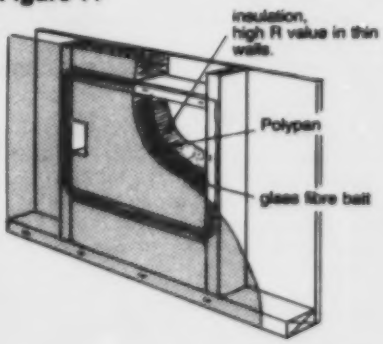



It is installed against the studs and blocking as shown in figure 76, and is insulated as shown in figure 77. Note that, to avoid the dewpoint problem discussed earlier, the insulation behind the Polypan should have at least twice as much thermal resistance as that in front. In a 38 × 89 mm stud wall this can create a minor problem: because of the depth of the Polypan there is not much room for a high thermal resistance per inch. Foam board insulation offers the best solution. In thicker walls there is generally enough space behind the Polypan to warrant the use of batt insulation.

Figures 78 and 79 show the construction of a home-made Polypan as developed by one of the builders on the Energy Showcase project. This builder has noted that the full house quota of these units can be made at the workbench in about two hours. The polyethylene should be carefully folded or tailored to avoid too many leakage folds at corners. A plywood backing on the rear of this assembly will give some protection against damage from careless drywall saw work.

### 13.3 Avoiding damage during drywalling

**Figure 77**




The vapour barrier around the receptacle is exposed to possible damage during drywalling. Often, when the plasterboard is being fitted around the receptacle, the opening is cut with the plasterboard held loosely against the stud frame. If the knife or saw blade penetrates too far, the vapour barrier work can be damaged locally. The practical solution is to move the receptacle away from critical vapour barrier points. The technique is shown in figure 80, where a Polypan installation is used for an example. Note that blocking is used to move the receptacle away from the critical vapour barrier point around the flange of the Polypan.

A better solution is to make sure that drywallers are aware of this problem, and that they modify their practices accordingly.

**Figure 78**

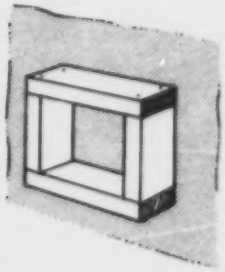


**Figure 79**

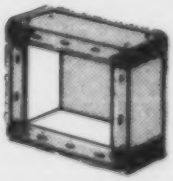
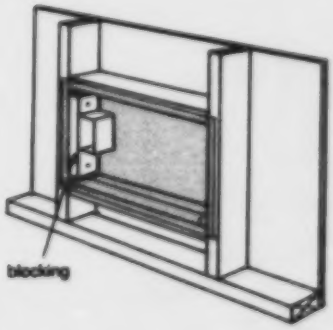


**Figure 80**



## 13.4 Ceiling receptacles

The techniques shown in figures 74 to 79 can also be applied to ceiling receptacles, as shown in figure 81. The detail is self-explanatory.

With the latest designs of flush-fitting receptacles the installation is relatively simple. The main problem is to provide a recess for the cable clamp, and to provide a good seal at this point. The solution shown in figure 82 is not ideal but it is tolerable. A more thorough design would destroy the cost advantages of this type of receptacle installation.

## 13.5 A note of caution

Energy-efficient houses have not been around for too long, and the long-term effects of some of the construction techniques can only be guessed at. In ceiling receptacles, the conventional method of installation, with a low level of ceiling insulation, has helped to disperse local heating from lighting. With higher levels of insulation the ceiling receptacle will run hotter, and may cause some deterioration or embrittlement of the vapour barrier and sealant over a period of twenty years or more. Therefore, this guide recommends that only suspended lighting systems, or low wattage systems such as fluorescent lighting, be used in ceilings. This recommendation applies particularly to the flush-fitting design shown in figure 82.

**Figure 81**

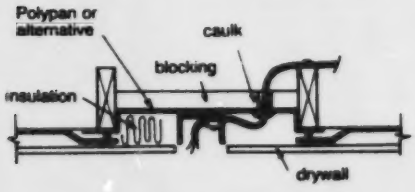



**Figure 82**

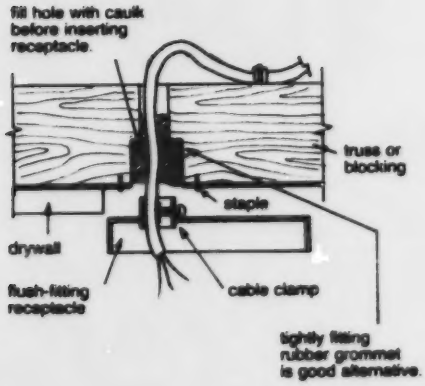


**Figure 83**

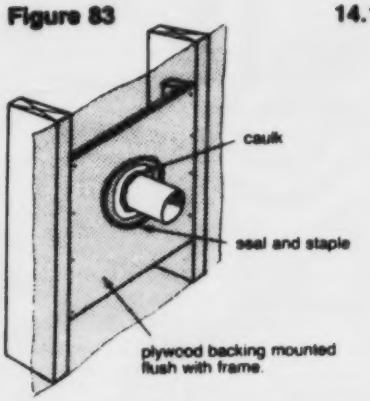
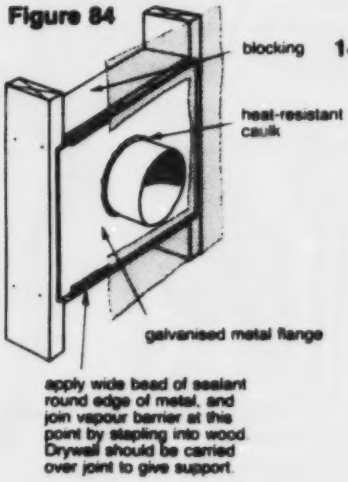



**Figure 84**




### 14.1 The general technique

Figures 83 and 84 show the general techniques for sealing the vapour barrier around pipes, vents and chimneys.

The method in figure 83 is applied wherever there is no risk of overheating. This includes gas pipes, electrical service inlets, fan vents, ventilation pipes, water pipes (hot and cold), combustion air supplies, vent stacks, dryer vents and waste pipes. Figure 83 shows how to install a solid backing around the pipe (when one is not otherwise available) and how to join the vapour barrier to the pipe.

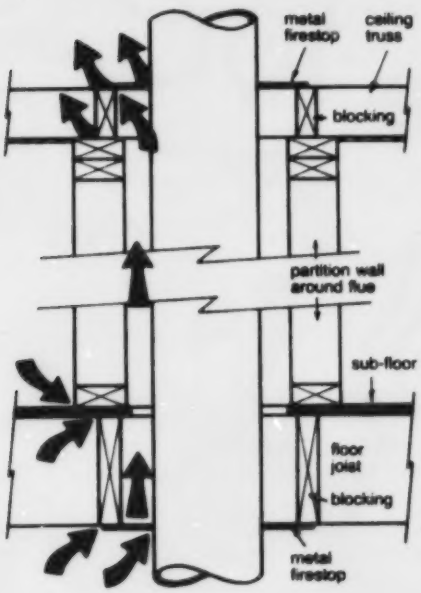
The method in figure 84 is applied whenever there is a risk of overheating. This includes fireplace chimneys, stove chimneys and furnace flues. In such cases, **a certain amount of clearance should be maintained between the hot pipe and any surrounding combustible materials.** The required clearance varies according to the chimney design and application, and is usually covered by the appropriate construction code. **Note that standard plasterboard and polyethylene sheet are to be regarded as combustible materials.** The heat resistant caulk between the chimney and the flange is one of the few instances where a special caulking material is required.

### 14.2 A note on heat-resistant caulking

Most chimneys exhibit a severe cycle of expansion and contraction because of the wide temperature variations to which they are exposed. As a result, any caulked joints around the chimney will be subjected to the enormous forces of expansion and contraction. An air tight sliding joint around the chimney would be ideal, but this cannot be achieved without resorting to elaborate and costly methods. When making a caulked joint around a chimney the aim, therefore, is not to make an air tight seal, but to minimize the size of the air leakage gap around the chimney.

The caulking material should be selected primarily for its anti-combustion properties. Most latex-based caulks are suitable. Some builders have used muffler cement, which is acceptable and probably more resistant to long-term deterioration than the latex caulks.

**Figure 85**



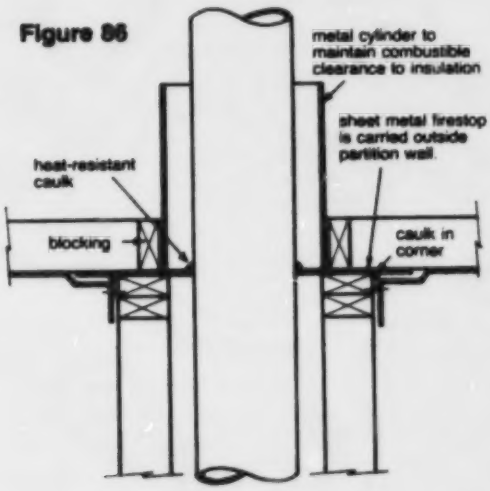

## 14.3 Furnace flue

Figure 85 shows a typical way of installing a furnace flue, and shows the various air leakage paths that arise from this construction. The worst part of this construction is usually to be found at the upper metal firestop, which is often so small that it does not cover the rectangular opening around the flue. In a severe case, the air gap at this point may be as much as 50 mm wide.

Figure 86 shows the recommended way of achieving an air tight construction around the flue at the upper ceiling level. The main advantage of this technique is that, by extending the firestop beyond the partition wall, the vapour barrier joint can be made in an easily accessible location. It is difficult, and very time-consuming, to try to make air tight joints inside the flue enclosure.

The metal cylinder serves as an insulation stop, to maintain the required combustion clearance between the flue and the insulation. It is recommended that this be adopted as standard practice. The cylinder does not need to be fixed; the best technique is to centre it around the flue with the help of the blocking.

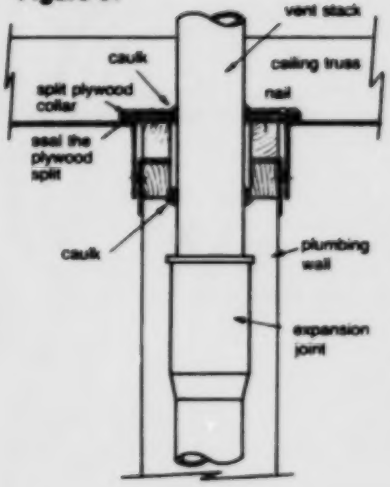
**Figure 86**



### 14.4 Vent stack

Figure 87 shows a technique that has been widely used on energy-efficient houses. Usually, when the vent stack is installed in the plumbing wall, there is a large air leakage gap where the stack passes through the top plate of the wall. This figure shows one way of sealing this gap. The expansion joint is a necessary feature of this type of construction; its purpose being to prevent damage to the caulking from stack expansion. More elaborate systems have been tried, in which the upper stack is prevented from moving by a metal bracket, attached to the top plate. Generally, this type of construction gives an effective air tight seal, but it is unnecessarily complicated and costly.

Figure 87




Sometimes the old ways are best. In figure 88 the gap around the stack is sealed with compressed oakum. This achieves a tolerable level of air tightness and provides a sliding seal. To ensure the effectiveness of this method, the hole through the top plates should be circular, with a diameter about 12 to 25 mm greater than that of the stack. This guide recommends this technique.

Figures 89 and 90 show two variations of the technique, to be used when the partition walls are installed after the building shell has been vapour barriered. Figure 89 applies when the partition wall is installed *before* the ceiling is drywalled. Figure 90 applies when the partition wall is installed **after** the ceiling is drywalled.

Note that, in figure 90, a continuous circle of sealant can be applied between the top plate and the plasterboard. In order to do this, the vent stack location has to be selected and the hole drilled through the top plate before the partition wall is installed. Sometimes, this may not be possible. Under such circumstances, and because of the marginal effect of this sealing, the procedure can be omitted.

Figure 88

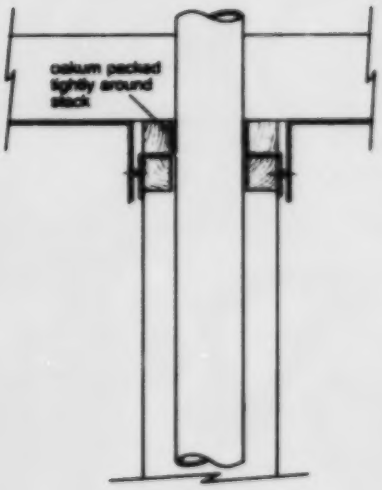



Figure 89

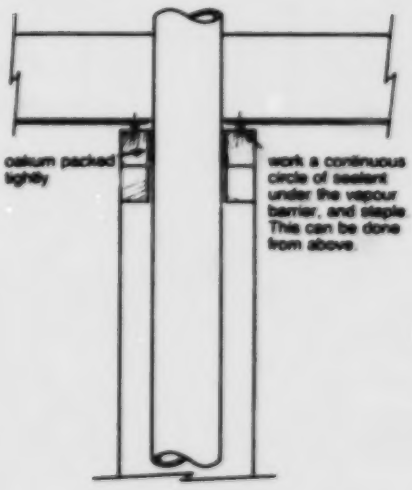
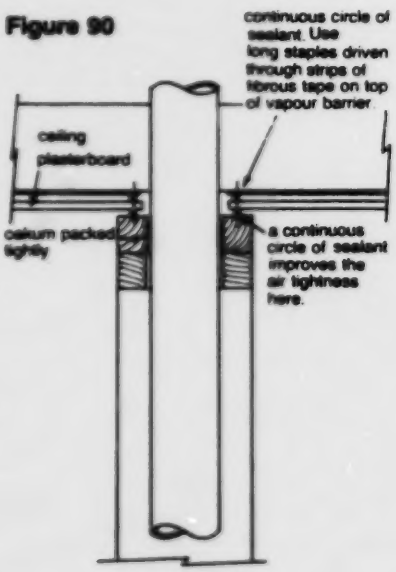



Figure 90



## 14.5 Plumbing into an unheated crawl space

Figure 91 shows a way of sealing around a vent stack where it passes into an unheated crawl space. The expansion joint protects the caulking against stack movement, and the neoprene flashing maintains a flexible air tight joint. The method gives a good reliable seal, but is relatively complicated and costly.

Once again, the oakum technique is a recommended low-cost option with a tolerable level of air tightness. Figures 92 and 93 show the technique applied to a vent stack and a water pipe.

**Figure 91**

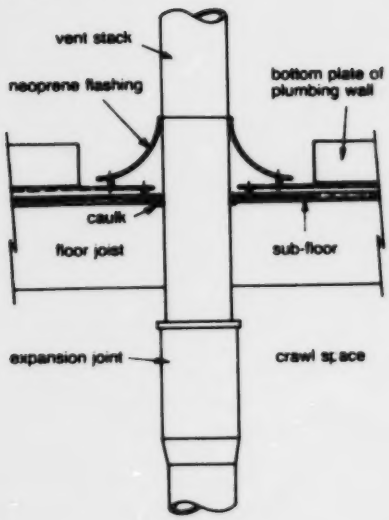



**Figure 92**

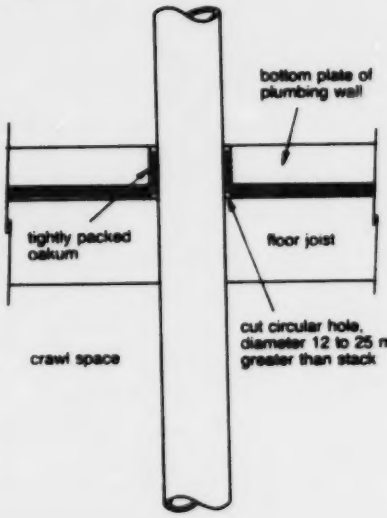
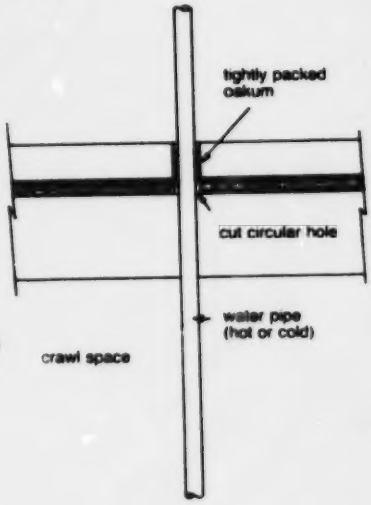



**Figure 93**

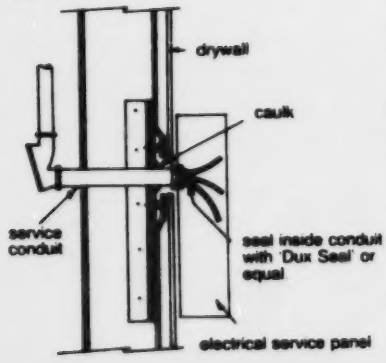



## 14.6 Electrical service panels

A typical service inlet is shown in figure 94. Air leakage can occur both around the conduit and through the conduit. The exterior of the conduit is sealed to the vapour barrier using the plywood backing technique shown earlier in figure 83. The interior of the conduit should be sealed with 'Dux Seal' or an equal product, approved for this type of application.

Note that if the electrical service panel is installed in an unfinished basement, some provision must be made to allow the vapour barrier to be sealed around this panel when the basement is developed at a later stage. It is recommended that a section of stud frame be installed, and the panel mounted as shown in figure 94.

**Figure 94**



The service inlet shown in figure 95 used to be fairly common some years ago, but is now going out of practice. It has been included here to make a point about the selection of the sealing position. The seals, both inside and outside the conduit, should be made as close to the vapour barrier as possible. On the outside of the conduit it is not always possible to caulk at the vapour barrier, in which case the caulk must be applied at the nearest accessible point as shown. When there is a long conduit run inside the house, it is better to seal inside the conduit at the exterior wall, using the entrance ell for access.

**Figure 95**

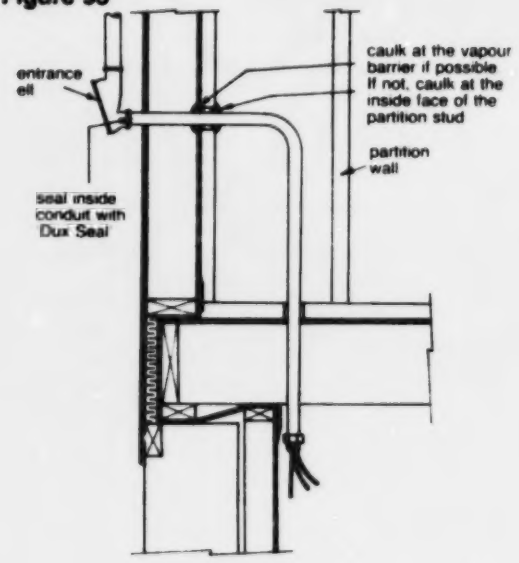
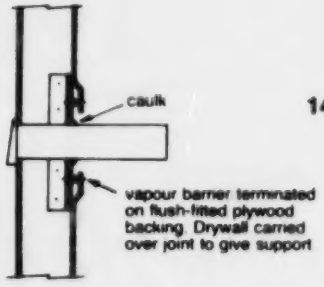



**Figure 96**



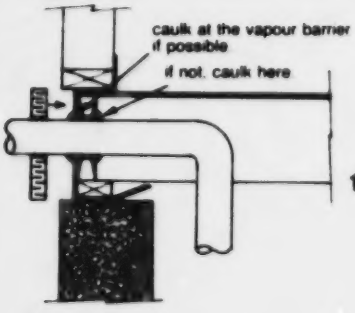

## 14.7 Air vents

Figure 96 shows an air vent through an insulated stud-frame wall. It follows the general procedure detailed in figure 83. This type of construction can be applied to dryer vents, heat exchanger vents, combustion air supplies and other air vents.

Sometimes, it may be necessary to take the air vent through a floor joist header as shown in figure 97. In this situation it is better to apply caulk where the pipe passes through the vapour barrier — before installing the exterior header insulation. If this cannot be done, the caulk can be applied on the inside face of the header. The air tightness of the seal is not quite as good here, but it is still tolerably good.

In houses that have no central air management system (such as is required with a heat exchanger) it is preferable to vent bathroom fans and kitchen fans down through the sub-floor and out through the joist header. This inhibits the inflow of cold air, and makes it easier, at a later date, to fit a heat exchanger to the system — if desired.

**Figure 97**



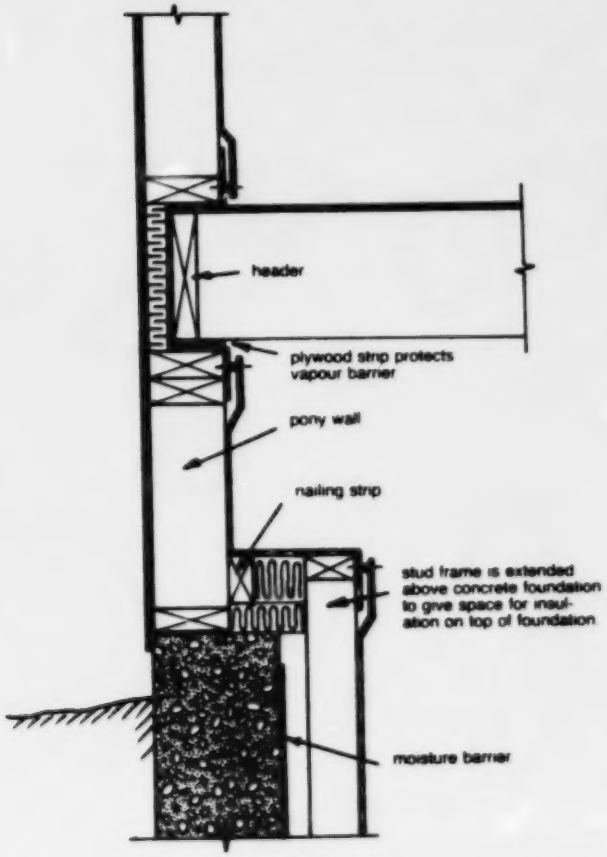

## 14.8 An important note

If a house is provided with a natural gas service, the gas codes require a specified clearance between any gas connection and any vent opening — no matter whether the vent is for exhaust or inlet flow. This should be taken into account when selecting the position of vent openings.

# 15.0 Pony walls

Figure 98 shows a pony wall construction on top of a concrete foundation wall. The header detail is the same as that shown in figure 26 for a second storey floor. Note how the basement stud frame is extended to give space for insulation at the top of the foundation.

**Figure 98**



# 16.0 Stairwells

**Figure 99**

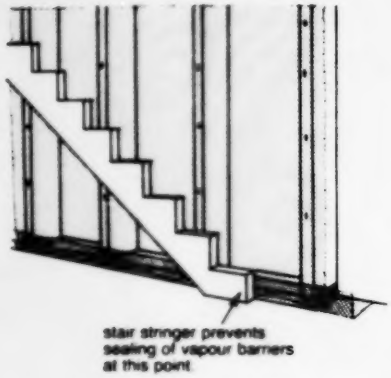



Figure 99 shows a stair stringer against an exterior stud-frame wall. In this position, the stringer can prevent the proper sealing and joining of vapour barriers, either at the foot or the head of the stair. In this situation the stair should not be firmly fixed in place until the vapour barrier work and the drywalling are complete.

Where a stair landing breaks into an exterior wall, as shown in figure 100, the vapour barrier detail and the construction detail are similar to those around a main floor header.

Figure 101 shows a stairwell against a concrete foundation wall. This is a common housing feature. In an energy-efficient house, the foundation should be lined with a stud-frame and insulated. The stud frame is extended above the foundation wall (as in a poly wall) to give space for insulation on top of the foundation.

It is important to design the stairwell with enough width to accommodate both the stair and the extra stud wall structure. If the partition wall in the stairwell is not correctly positioned, it may prevent the construction of a well-sealed insulated wall at a later stage. **It is recommended that, in this situation, a clearance of at least 150 mm should be provided between the foundation wall and the stringer – as a matter of general practice.**

**Figure 100**

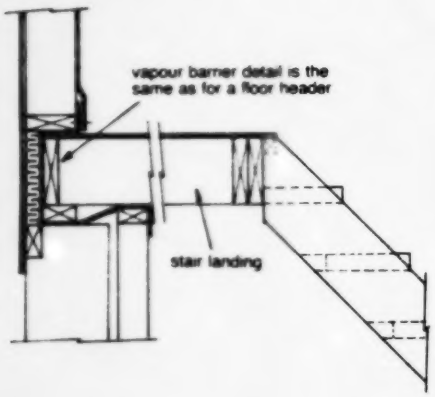
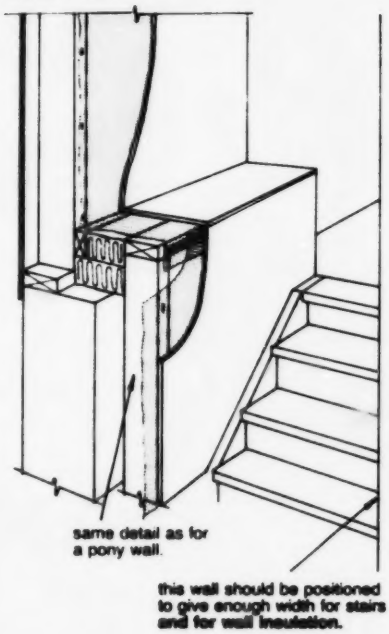



**Figure 101**



# 17.0 Bath tubs and fittings

**Figure 102**

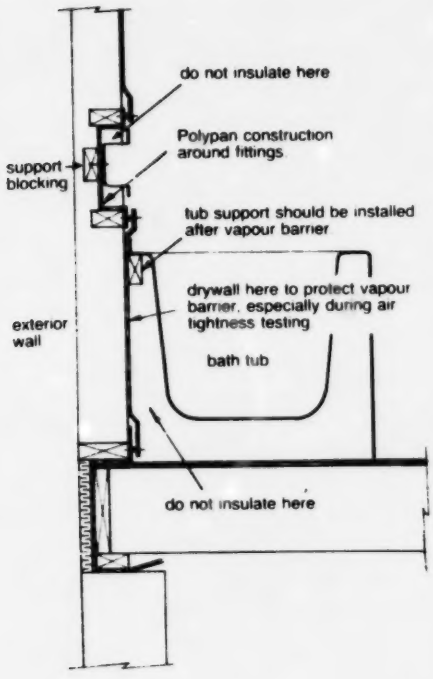



Figure 102 shows the main features of a bath tub installation against an exterior wall. Note that the tub support should be installed after the vapour barrier is in position. Fittings such as soap dishes should be installed on partition walls if convenient. If not, they should be installed inside a Polypan construction as shown.

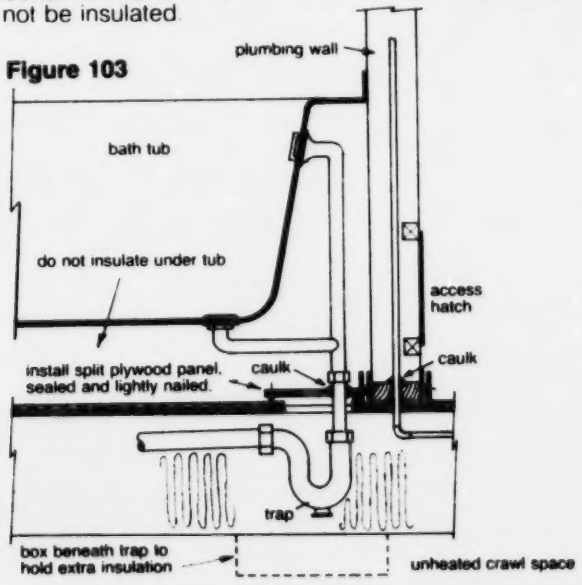
The support blocking for the fitting has the effect of reducing the insulation level outside the Polypan. Because of this, and because of the high humidity levels that occur in bathrooms, there is a risk of moisture build-up inside the Polypan. To minimize this risk, insulation should not be installed inside the Polypan. This will have the effect of moving the dewpoint position outside the Polypan. The reduced level of insulation will produce a cold spot around the fitting, but this is preferable to the long term drywall damage that might otherwise occur.

Some energy conservation enthusiasts have suggested that the space beneath the tub should be insulated. **This must not be done** when the tub is against an outside wall, since it may bring the dewpoint location inside the vapour barrier. However, it is a useful practice if the tub is located away from any vapour barrier.

It is customary to cut a large opening beneath bath tubs to allow installation and repair of the drain system. When the tub is installed over an unheated crawl space this creates a major source of air leakage under the tub. The best solution is to install the tub on a raised floor. The main sub-floor, under this raised floor, can then be fitted with vapour barrier and insulation in the usual way. The only leakage point will be around the drain pipe where it passes through the vapour barrier. This should be sealed in the usual way.

Figure 103 shows what is needed when the tub is mounted directly over the crawl space. A split plywood panel is installed around the trap system as shown, and is sealed and lightly nailed in place. The best sealant to use in this case is one with low adhesion, so that the panel can be removed easily for repair. A latex-based sealant is best. If possible, the floor beneath the tub should be covered with overlay before the tub is installed. This protects the vapour barrier from the sharp edges at the bottom of the tub. Note once more that the space beneath the tub should not be insulated.

**Figure 103**



# 18.0 Attic hatch

The attic hatch is a source of air leakage, and, if possible, should be installed outside the house rather than in the ceiling. If a ceiling installation cannot be avoided, the hatch should be provided with a good level of insulation and an air tight seal.
Details of the construction are shown in figures 104 and 104a, and are fairly self-explanatory. Note particularly how the ceiling vapour barrier is terminated at the hatch.

**Figure 104**

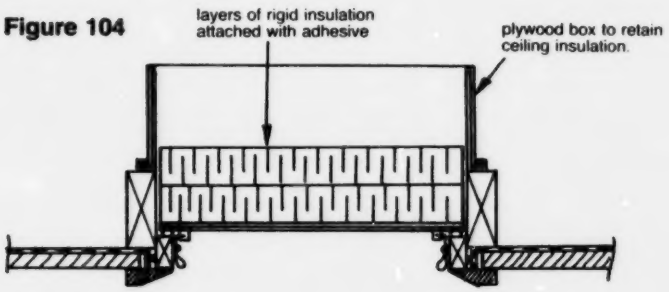
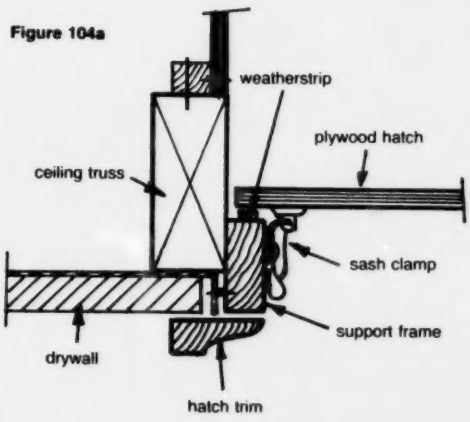
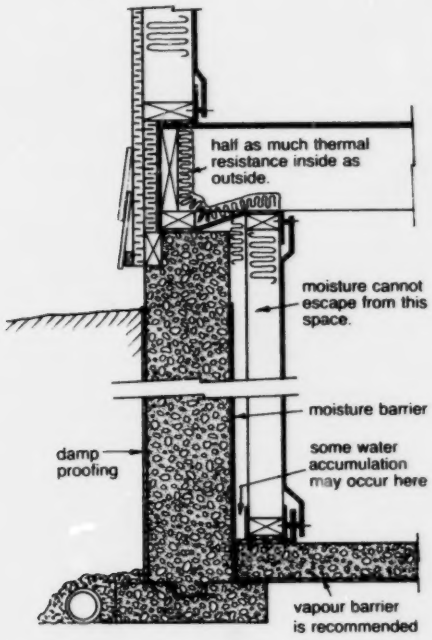



**Figure 104a**



# 19.0 Problems with concrete basements

**Figure 105**




## 19.1 The concrete curing problem

Figure 105 shows all the features of a properly finished concrete basement, with an insulated interior. The vapour barrier makes a virtually air tight enclosure over the interior face of the concrete. Therefore, any moisture generated by the concrete will find it difficult to escape. The only escape route (if the vapour barrier is properly installed) is under the vapour barrier where it passes under the joist sill plate, where the irregularities in the concrete surface may create some openings. Under ideal conditions, with the concrete in a dry state, the moisture may be able to escape through these openings as quickly as it is generated by the concrete, and there will probably be no moisture build-up behind the basement vapour barrier.

However, if the concrete is still uncured (or green) it will have a high water content and may give off moisture faster than can be handled by the small openings under the sill plate. Under these circumstances three undesirable conditions could be set up: firstly, the air space between the concrete and the vapour barrier will probably become saturated. Secondly, any moisture given off by the concrete will tend to accumulate as water at the floor level, as shown. Thirdly, the high water vapour content in the air space will impede the curing of the concrete, though this will probably not affect the concrete strength.

If an uncured basement is finished as shown in figure 105, a highly moist condition will persist for a long time (perhaps several months) in the space between the concrete foundation and the vapour barrier. Under these conditions some deterioration of the stud frame could take place. There are three solutions: First, and technically the best, is to insulate the foundation wall on the exterior, as discussed on the following page. Secondly, the basement can be left unfinished until the curing process is complete. Thirdly, a moisture-breathing strip can be installed on top of the foundation wall as shown in figure 105a. The suggested design is a plywood strip that is saw-grooved at intervals of about 25 mm, as shown – though there are obviously other ways of doing this job.

Given a choice between insulating the basement from the outside or inside, many professional builders will prefer the inside approach, since the finished basement adds more to the value of the house. In such cases the construction shown in figure 105a (or a similar type of construction) should be adopted. However, builders should give serious consideration to the many technical advantages of an exterior insulation approach.

**Figure 105a**

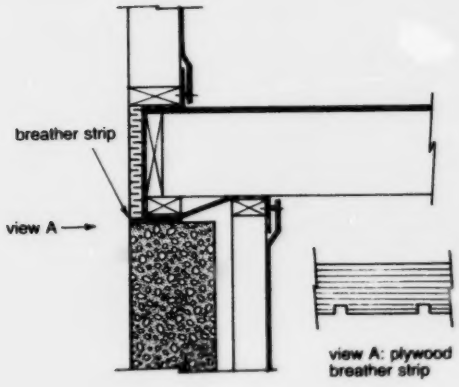
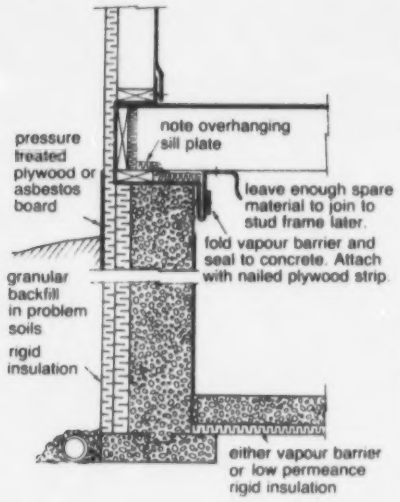


**Figure 106**



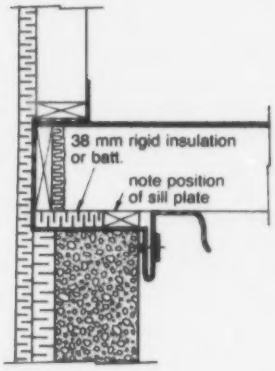

There are three major advantages in insulating the foundation wall on the outside:

a) It avoids the moisture problems discussed on the previous page.
b) The concrete, by being inside the insulation, is no longer exposed to severe temperature swings, and is therefore less likely to sustain damage.
c) By bringing the concrete inside the warm envelope of the house, the large mass of the concrete acts as a thermal storage. This tends to smooth out the temperature swings that occur from day to night, and makes it possible to employ a slightly higher level of passive solar gain (through south-facing windows).

Figure 106 shows a basement that is insulated on the outside with two layers of rigid insulation. Note that, in this situation, the vapour barrier has to be terminated in such a way that the air tightness of the house is maintained. The procedure shown in figure 106 has two features: it creates a permanent air tight seal around the top of the foundation wall, and it allows the continuity of vapour barrier to be maintained when the basement is developed at a later stage. This procedure should be used whenever the basement is left undeveloped.

There are many ways of dealing with the constructional design around the joist header. Figure 106a shows another option that allows a smaller sill plate to be used.

**Figure 106a**




## 19.2 Ice flexing

Most soils react in some degree to the annual freeze-thaw climatic cycle. In soils that have a high water retention, the winter transition from water to ice *may* cause expansion of the soil-water mixture which, in turn, can give rise to high lateral pressures on foundation walls. These pressures can be high enough to crack the foundation wall.

When the foundation wall is insulated, either on the outside or the inside, the soil around the house is deprived of the normal heating effect of the house. As a result, it will be exposed to greater temperature swings. This will aggravate the problems described above. The problem of soil behaviour around a house is a complex one, with many variable factors and few general rules. Until such time as there is a definitive building guide on this topic, the authors recommend the following practice: **where the local soil has a known tendency to damage basements, the foundation should be backfilled with gravel or granular fill in the same way as is now required on pressure treated wood foundations.**

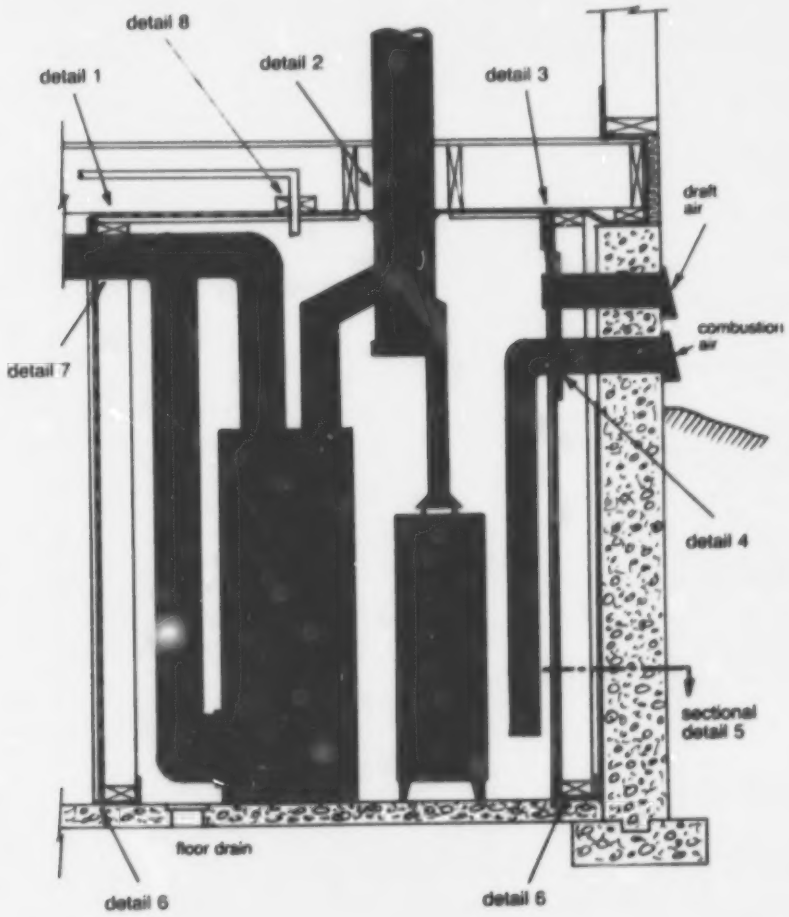
# 20.0 The furnace room

**Publishers' Note**

**The furnace room concept was developed as a method to isolate the furnace and its demand for combustion air from the rest of the house. As furnace rooms are still experimental and may not be the most appropriate or cost-effective solution to providing combustion air, consult your utility and furnace research organizations before construction. It is important to avoid a situation where moisture or ice might accumulate in the flue pipe due to too low temperatures in the flue pipe and furnace room. Factors affecting these temperatures are proper sizing of the furnace and air inlets, insulation levels in the furnace room and its size.**

The main purpose of the furnace room is to make the furnace and water heater independent of the house air. This calls for an air tight construction around the furnace room, which produces several other benefits, as discussed earlier. Figure 107 shows the main constructional features of an air tight furnace room. The details are shown in larger scale on the following pages.

**Figure 107**



# 20.0 The furnace room

**Figure 107**

Figure 107 shows all the equipment that should be put in the furnace room. There is no advantage in putting the electrical service panel or the heater exchanger in this room, since they create a number of unnecessary cable runs and pipe openings that have to be sealed. However, it is recommended that the floor drain be installed in the furnace room if possible. The drain is a major source of infiltration, of both air and radon gas, and there are obvious advantages in isolating the drain from the rest of the house. Note that if this is done, the furnace room door should have no sill plate. This creates a small problem in achieving the air tight seal that is needed around the door, but it facilitates the draining process if there is a minor flood in the basement. The alternative is to provide a second drain, with trap, outside the furnace room.

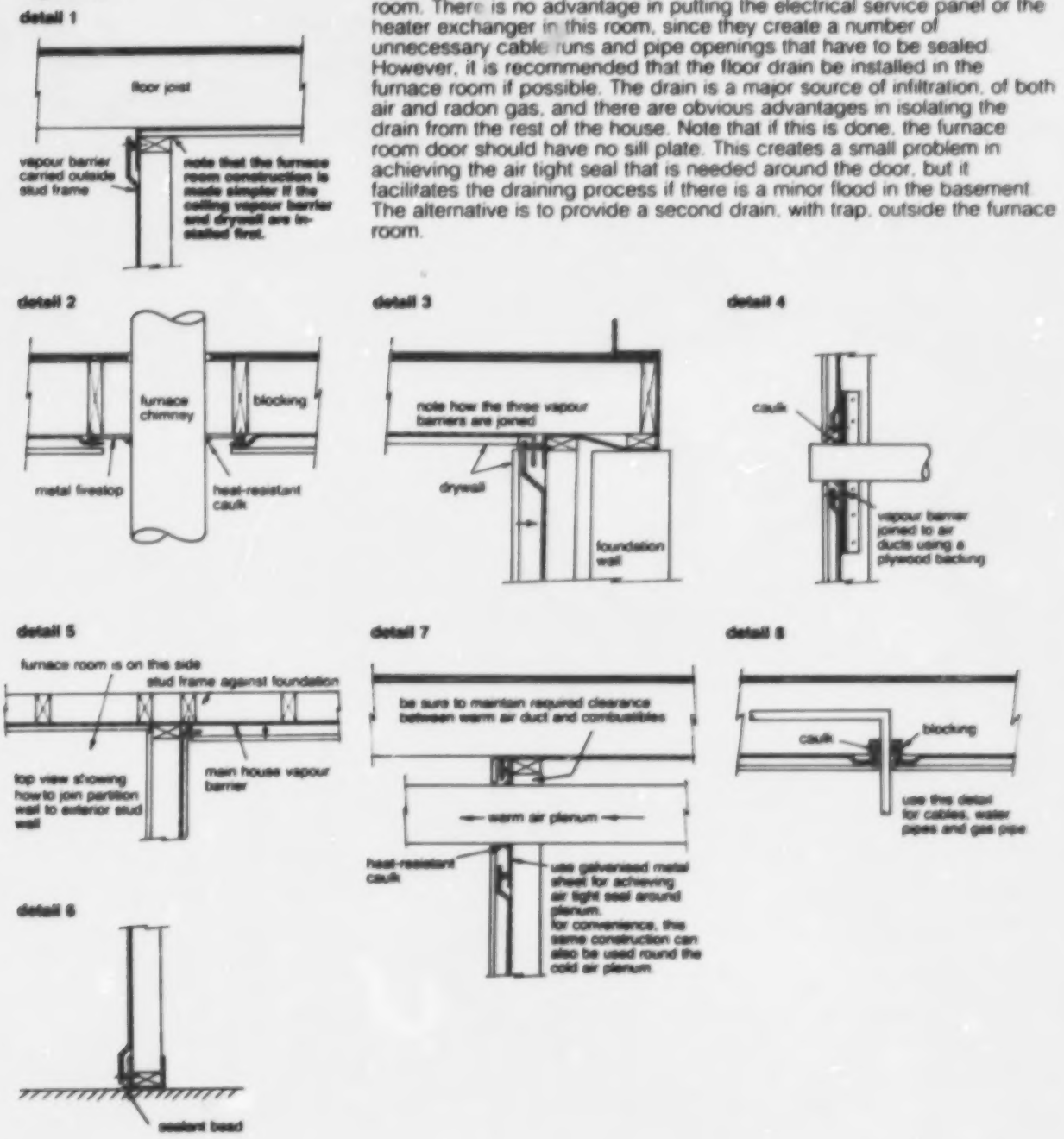
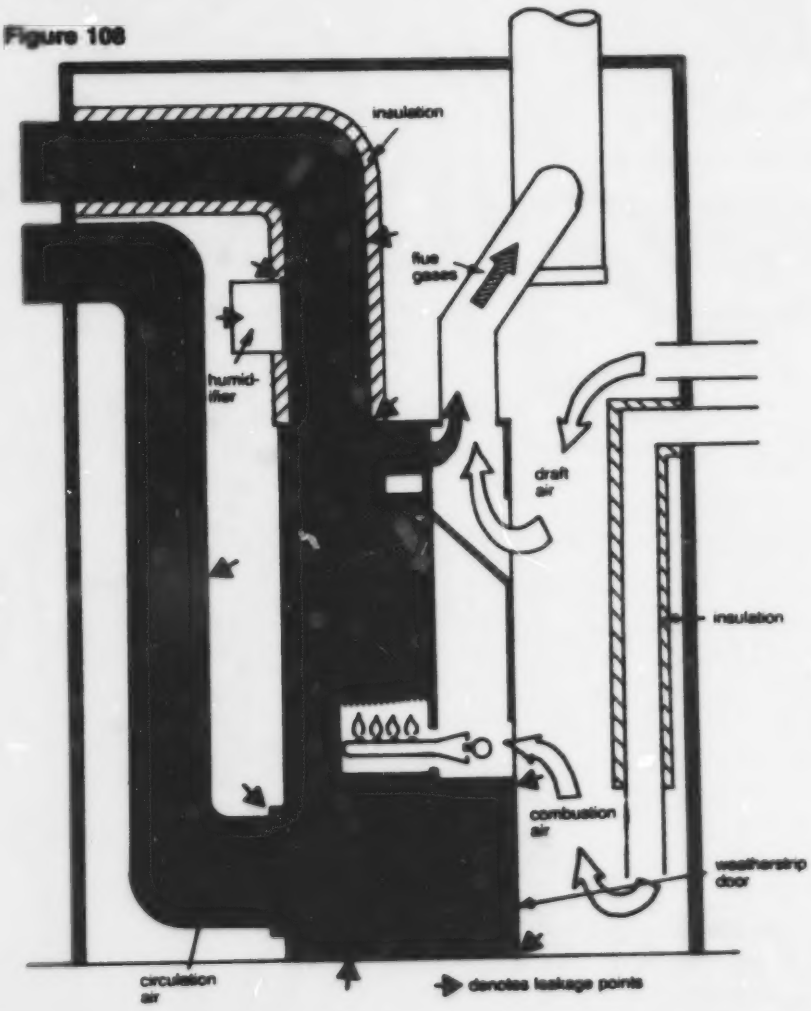


Figure 108 shows the various flow processes that occur in and around the furnace. Note that the two air inlets, for draft air and combustion air, are as prescribed by the code on gas appliances.

The path of the circulation air through the furnace has been emphasized in figure 108, and the relation of this to the rest of the house is shown in figure 109. It is important to note that the circulation air path, inside the furnace room, is really a part of the main house air envelope. This means that the circulation air path has to be sealed from the draft and combustion processes in the furnace room – in exactly the same way as the rest of the house is sealed from these processes by the furnace room itself.

The various leakage points in the circulation air path are shown in figure 108. Each of these should be sealed efficiently. Plenum joints, and gaps around the humidifier and filter, should be sealed with good quality duct tape. On the warm air plenum use cloth-backed duct tape rated for hot duct applications.

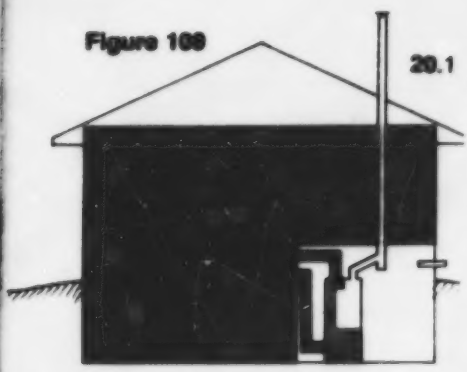
**Figure 108**



In a number of furnace designs the cavity around the fan is provided with a poorly sealed door. The door should be sealed with weatherstripping where practicable.

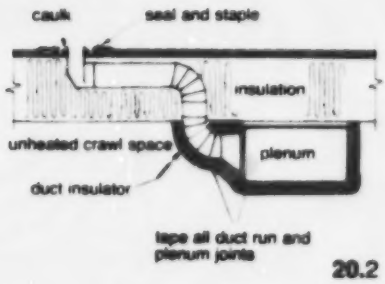
When the house has an unheated crawl space, any duct which runs through this crawl space should be treated as part of the warm envelope of the house. The duct runs should be sealed and insulated as shown in figure 109a. This applies to both warm air and return air runs.

Figure 109



20.1

Figure 109a




20.2

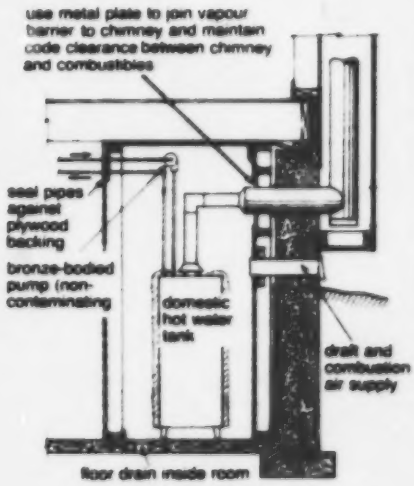
**Insulation**

Furnace rooms, with the construction shown in figure 107, have not been in use for too long. Much needs to be known about the air demand in these rooms, and the temperature at which they operate. It is now known that air tight furnace rooms will operate with room temperatures somewhere between 5 and 25 degrees Celsius. The cooling effect of the incoming cold air is partly counterbalanced by the heat given off from the furnace body and warm air plenum. Therefore, it may not be strictly necessary to insulate the furnace room, though there are some marginal advantages in doing this.

The heat that is dissipated from the furnace and the warm air plenum is lost heat, since it eventually finds its way up the chimney. This heat loss can be reduced by insulating the warm air plenum. **The furnace body should not be insulated.**

Figure 110 shows the construction of an air tight room around an innovative heating system. This system is incorporated in one of the Energy Showcase homes in Saskatoon. The house is heated by water from the domestic hot water tank – the justification being that the house does not have enough heating demand to warrant the use of a furnace. When the house requires space heating, the thermostat activates the pump, which circulates hot water through a coil mounted in the air circulation system of the house (not shown). Note that, since the pump is part of the potable hot water circuit, it has to be of non-contaminating design. Note also the construction where the chimney passes through the wall.

Figure 110



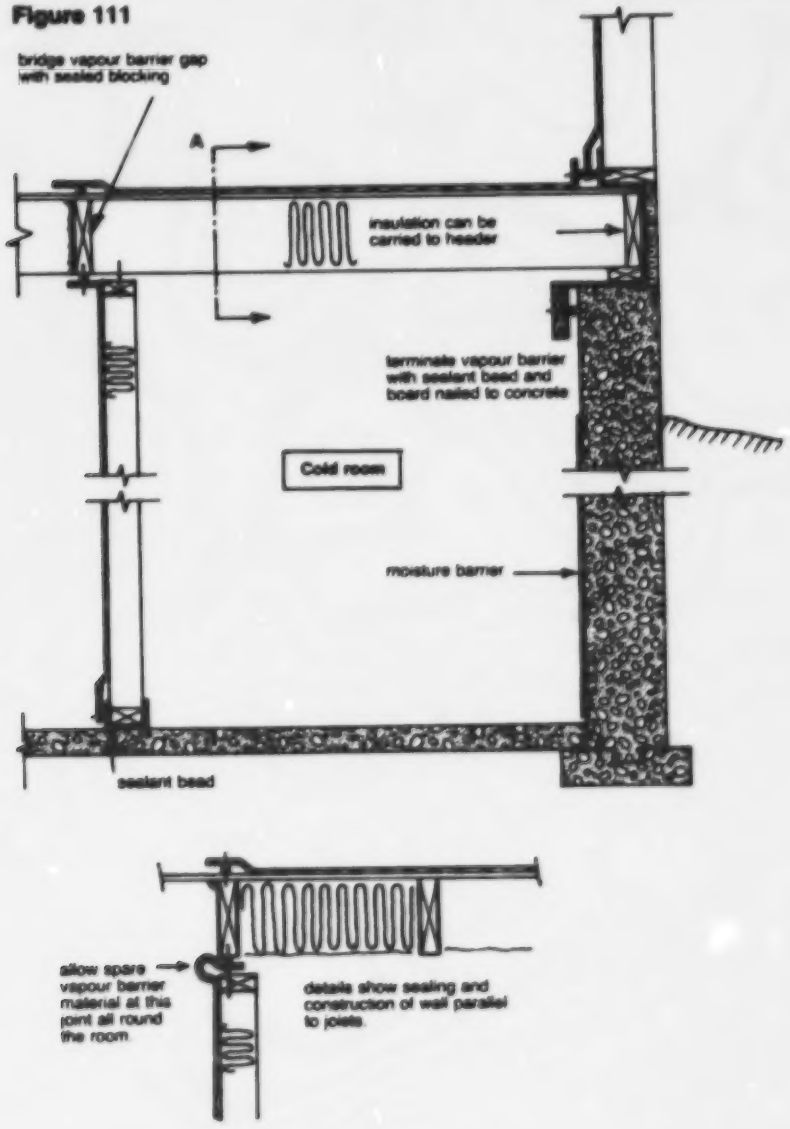

**Air tightness testing**

The procedures to be used during air testing depend on what the test is designed to achieve. If the air test is designed to measure the air tightness of the vapour barrier envelope, then the air circulation channel in the furnace room should be isolated, so that it does not contribute its leakage effects during the test. In this situation it is best to conduct the air test before the plenums are installed. A temporary seal can then be placed over the plenum openings (at the point shown in detail 7 of figure 107). Also, in this situation, make sure that the furnace room door is properly sealed prior to the test. On the other hand, if the air test is designed to measure the air tightness of the whole house structure, the air plenums and furnace should be installed before the test, and the air circulation channel should be sealed around the furnace as described earlier. Here again, make sure the furnace room door is properly sealed before the test.

# 21.0 Cold room

Figure 111 shows a cold room construction, with self-explanatory details.

**Figure 111**



# 22.0 Sauna room

Figure 112 shows a sauna room construction. The vapour barrier around the sauna room should be of the approved metal foil type. It is joined to the polyethylene vapour barrier in the usual way. Care should be taken at the header to avoid a dewpoint situation (see previous comments on this constructional feature).

**Figure 112**

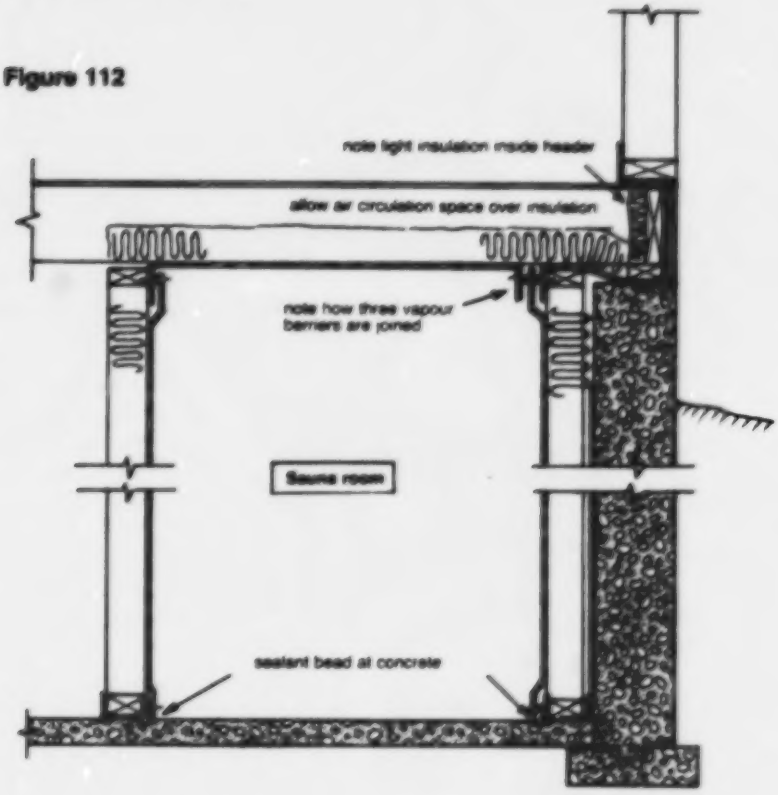


Figure 113 shows the variety of techniques that need to be employed when installing a fireplace. The selected example is a zero-clearance fireplace with combustion air supply and convection heating system. It is mounted outside the main exterior wall of the house, on canti-levered joists. This type of installation is now becoming fairly common, and is an excellent example of most of the problems encountered in fireplace installation.

The details are fairly self-explanatory, since most of them have already been covered at various points in this guide. The feature of greatest interest is the sub-frame construction over the fireplace. Note that the exterior house wall has been terminated well above the fireplace. The purpose of this is to avoid penetration of the vapour barrier by the convection outlets. Before the sub-frame is installed, the house vapour barrier should be continued round the fireplace recess, using the recommended joining techniques around the chimney and at the floor joists. The recess should be finished with drywall and underlay before the fireplace is installed. Note that the chimney space above the firestop can be insulated – but only if the correct clearance is maintained around the flue.

The combustion air inlet is shown schematically. Most fireplaces of this type have a fairly complicated air ducting system with a built-in damper. Because of problems of accessibility, it may not always be possible to make a perfect seal around the inlet pipe, as shown earlier in figure 96. At the very least, an attempt should be made to caulk around the inlet at the drywall.

**Figure 113**

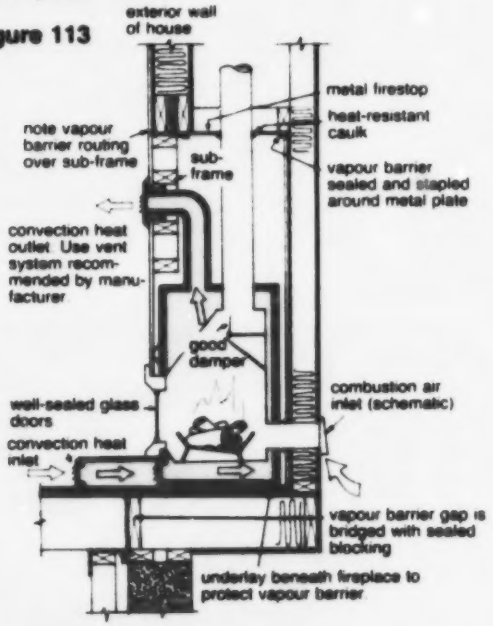



**Figure 114**

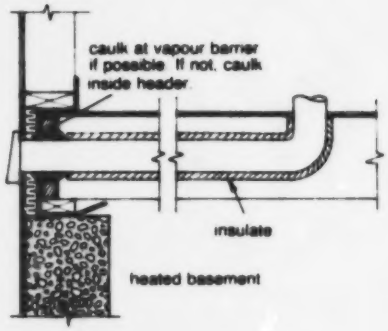



**Figure 115**

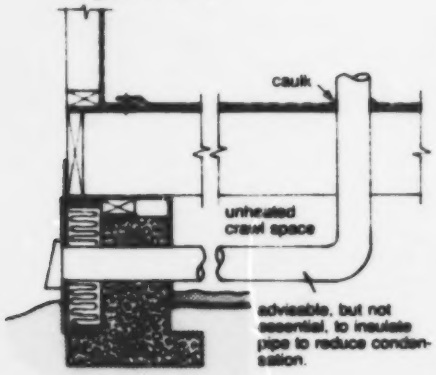



Figure 114 shows a combustion supply to a fireplace located well inside the house, over a heated basement. Note that the pipe is brought through the header and is insulated.

Figure 115 shows a combustion air supply to a fireplace located over an unheated crawl space. Note the caulking location.

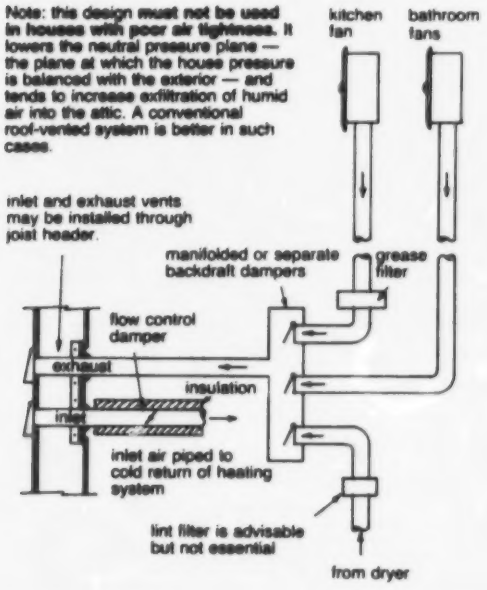
# 24.0 Air management systems

Figure 116 shows the main features of a basic air-management system. Note that the dryer, kitchen fan and bathroom fans are manifolded so that only one exhaust vent is required. The fans are prevented from interacting with each other by backdraft dampers. It is better to exhaust kitchen and bathroom fans downward and out through the floor header, rather than to exhaust through roof vents. This reduces convection heat losses and makes it easier to install a heat exchanger at some later stage, if desired. The inlet pipe should be connected to the cold air plenum of the furnace, where the suction of the furnace fan will draw fresh air into the house. The inlet flow should be controlled by a manual damper, and the whole pipe should be insulated.

The inlet and exhaust vents should be positioned far enough apart to **avoid cross flow**, but close enough to ensure that both vents experience the **same wind loading**. It is recommended that the vents have a separation of 900 to 1200 mm, and that they be installed on the same wall, well away from corners.

The national code on natural gas burning appliances, CGA B149.1, 1976, requires a clearance of at least 914 mm between these vents and any gas connection.

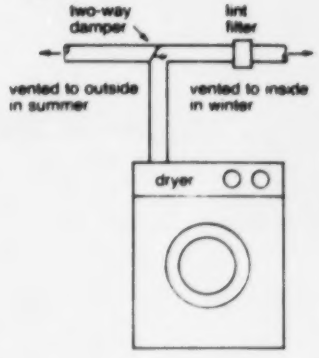
**Figure 116**




## 24.1 Dryer venting

In Residential Standards 1980, Section 33D, part 6, it is stated that "Exhaust ducts shall discharge directly to the outdoors." This code is interpreted as applying to dryer vents. The feeling amongst CMHC and provincial building inspectors is that, because of the energy conservation implications, this part of the code should be interpreted leniently in the

**Figure 117**




case of dryer vents. Builders who wish to vent the dryer to the house interior, or wish to insert some device in the dryer exhaust pipe (such as a heat exchanger or a backdraft damper) should first consult with the local building inspection authority.

With a lenient interpretation of the dryer venting code, it may be possible to install the type of system shown in figure 117. This is a schematic drawing of a new commercial product. The dryer vent is provided with a two-way damper that can divert the dryer exhaust into the house in winter (via a lint filter) and out of the house in summer. If the lint filter becomes plugged, the two-way damper switches automatically to outside venting. This system avoids some of the problems of venting the dryer through a heat exchanger. To avoid the installation of an extra vent, the outside vent pipe in this system can be coupled to the dryer pipe shown in figure 116.

Note that when the dryer is vented inside the house it delivers large amounts of moisture into the house, and this can cause excessive condensation on windows, etc. One solution is to provide an exhaust duct in the laundry area.

**Figure 118**

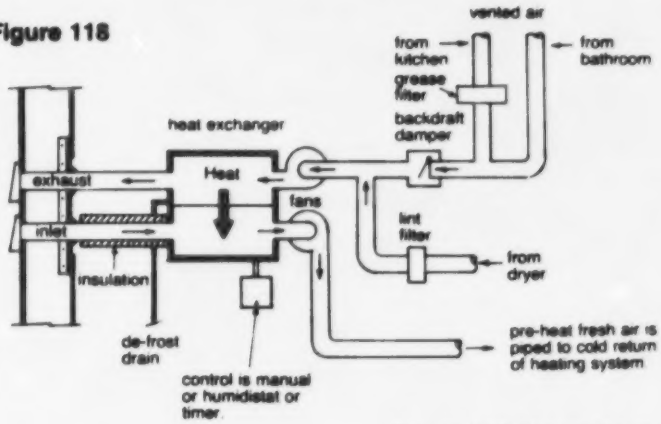



**Figure 118a**

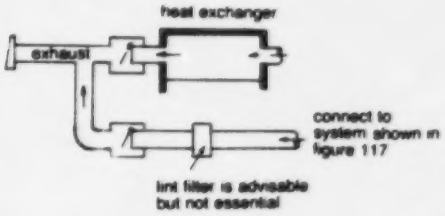
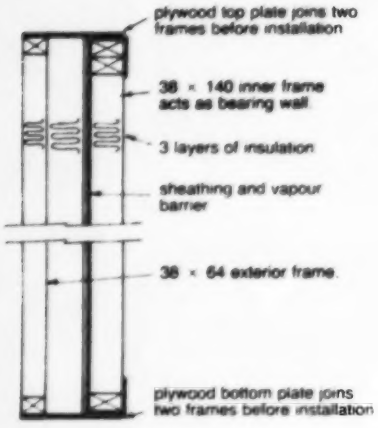



Figure 118 shows the main features of an air-management system with a heat exchanger. The heat exchanger is shown schematically, and indicates how heat is passed from the exhaust air to the incoming fresh air. If the dryer is to be connected to this system as shown, **it is important to ensure that the heat exchanger is big enough to handle the dryer exhaust flow, and that the heat exchanger can withstand the hot humid air from the dryer**. Note that the other vented air systems are provided with a backdraft damper to prevent the dryer air from entering the kitchen and bathrooms.

An alternative is shown in figure 118a. In this design, the heat exchanger system is combined with the dryer venting system shown in figure 117. This system is connected to the exhaust vent through a lint filter (optional) and a backdraft damper as shown. Also, to prevent backflow through the heat exchanger, a second backdraft damper is provided in the heat exchanger line. With this system, the dryer coupling and the backdraft damper in figure 118 can be eliminated. Because of the problems associated with venting dryers through heat exchangers, the authors of this guide prefer the system shown in figure 118a. **This preference, however, is subject to approval of the inspection authorities.**

# 25.0 Super-insulated walls

**Figure 119**




Super-insulated wall designs are discussed in some detail in the publication "Energy Efficient Housing — A Prairie Approach," issued jointly by Saskatchewan's Office of Energy Conservation and Alberta's Energy Conservation Branch. Builders are advised to consult this publication if they require a more comprehensive treatment of these wall designs

Figures 119 and 120 are taken from the "Prairie Approach." They show one possible way of building a double-frame wall. They are included in this guide to show the unusual routing of the vapour barrier (a point that was examined on pages 22 and 23 of Section I of this guide). Figure 119 shows how the wall is put together and figure 120 shows how the vapour barriers are joined at an inside and an outside corner.

These designs have been included in this guide for the sake of completeness, but the authors wish to emphasize that they do not necessarily agree with the design detail

**Figure 120**

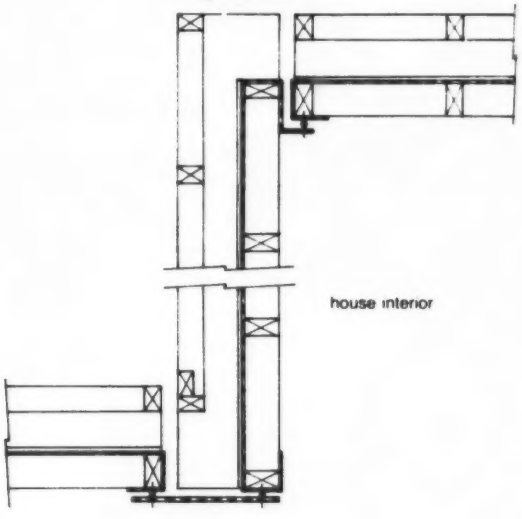



Figure 121 is taken from the "Prairie Approach" and shows the essential structural features of a double-frame wall in a single-storey wood frame with concrete basement. In this design there is a notable lack of vertical support for the exterior frame (the authors understand that this is due to some loss of drawing detail during the preparation of the publication). Nevertheless, it appears that a few of the earlier examples of double-frame construction are beginning to show settling effects on the outer frame. It is difficult to authenticate such cases, but it is worth noting that some of the proponents of the double-frame wall are now incorporating bracing between the two frames. From the authors' own experiences in retrofit (by adding another frame outside an existing one) it appears that the large temperature difference between the two frames may set up the same kind of differential expansion effects as in the truss lift phenomenon.

On balance, the authors prefer the design approach shown in figure 122. Note that the exterior frame uses 38 × 89 mm studs and is firmly attached at the top and bottom. At the top the frame is attached to the roof trusses, which extend further outwards than in figure 121. At the bottom, the frame has a slight toe-hold on the concrete foundation that is useful during construction, and its studs are nailed to the header. Note that this design does not require any great sacrifice of insulation levels around the header. Good insulation levels can be achieved by using rigid insulation outside the header, and the positioning of the joist sill plate allows the interruption of conduction paths through the wood members. The disadvantages of this design are that the walls encroach on the living space by about 127 mm, and the double-frame cannot be constructed as a single unit — although the advantages of single-unit construction have sometimes been questioned. Also, the design lacks the protection of the vapour barrier that is given by the plywood braces in figure 121.

**It is important that readers of this guide recognize that double-frame construction is still in the stage of development.** There is a great range of design alternatives and it will be some time before the best design emerges. The two figures on this page show two design options, neither of which is perfect, but which at least give some indication of the problems.

**Figure 121**

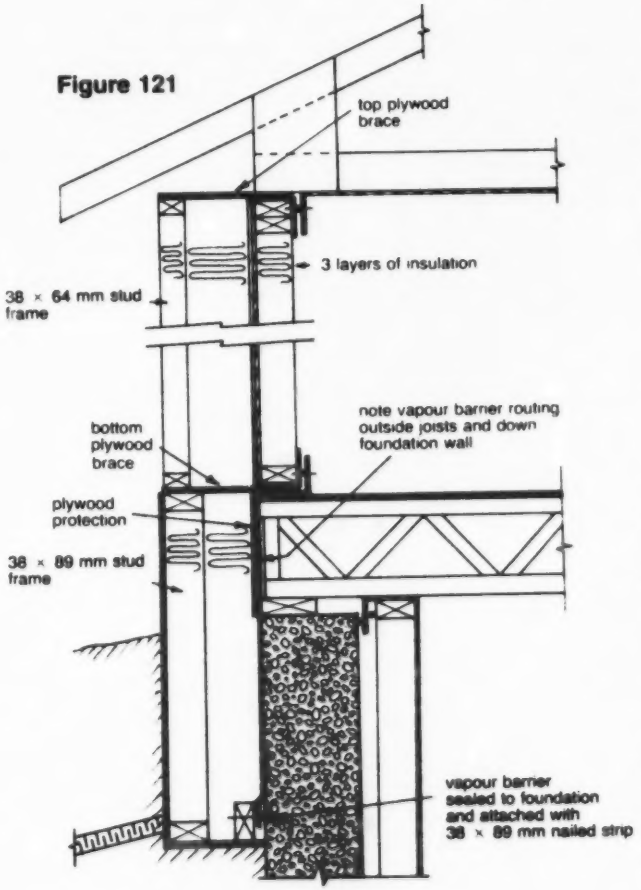
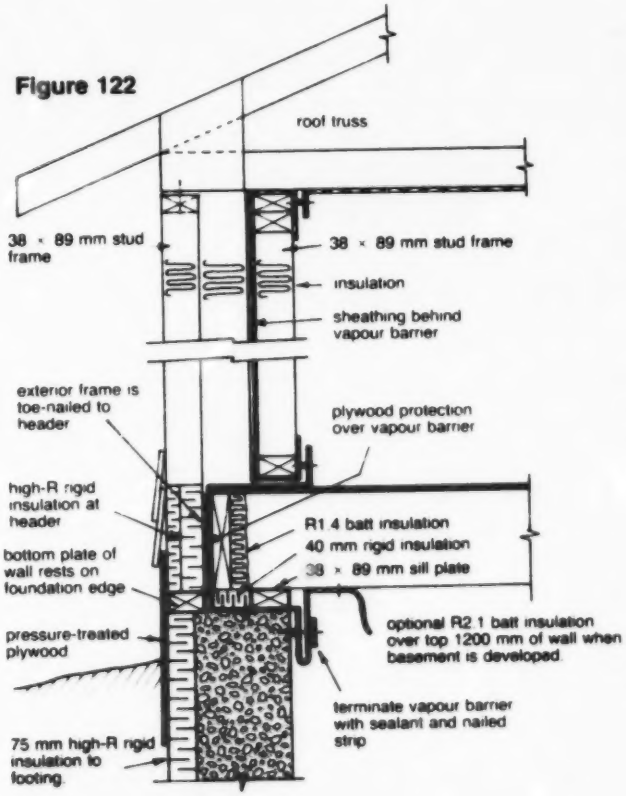



**Figure 122**




**Note: R values used throughout the text are metric R values ($m^2$ °C/W), often written as R SI. 1R(SI) = 5.6783 R(Imperial)**

## 25.1 The strapped wall

Figure 123 shows a strapped wall construction in a single-storey house with concrete basement. Its construction is identical to that of a standard 38 × 140 mm wall, up to the point where the vapour barrier is installed (compare with figure 106). The 38 × 64 mm straps are installed over the finished vapour barrier as shown, then the electrical runs are installed in the new wall extension, with minimum risk to the vapour barrier integrity. The strapped wall extension is insulated with R1.4 batt before drywalling.

The advantage of this design is that it allows the builder to achieve high levels of insulation (typically R7.0) with very little departure from standard building practices. On this account it may prove to be more popular than double-frame walls in energy-efficient housing. The disadvantages are that it encroaches on the living space by 65 mm, compared to the standard 38 × 140 mm wall, and it has a moderately high heat loss through the continuous wood at the top and bottom of the wall. Figure 124 shows design variations that overcome this problem.

The performance of the wall depends partly on the use of insulated sheathing (such as Styrofoam SM). Some builders have expressed concerns about the strength of attachment of siding over this relatively soft sheathing. If the sheathing is too thick, say 50 mm or more, the siding has to be supported on nails that receive very little support from the sheathing. Some movement of the siding may therefore take place. This appears to be no problem if the siding thickness is limited to 38 mm or less, as indicated in figure 123. Since rigid insulation sheathing generally has little structural rigidity, the wall will require cross-bracing. Also it is advisable to space the studs on 406 mm rather than 610 mm centres when this sheathing is used. There are a number of new siding materials now appearing on the market, with integral sheathing and insulation. These new materials are fairly rigid, have good strength and large thermal resistances.

**Figure 123**

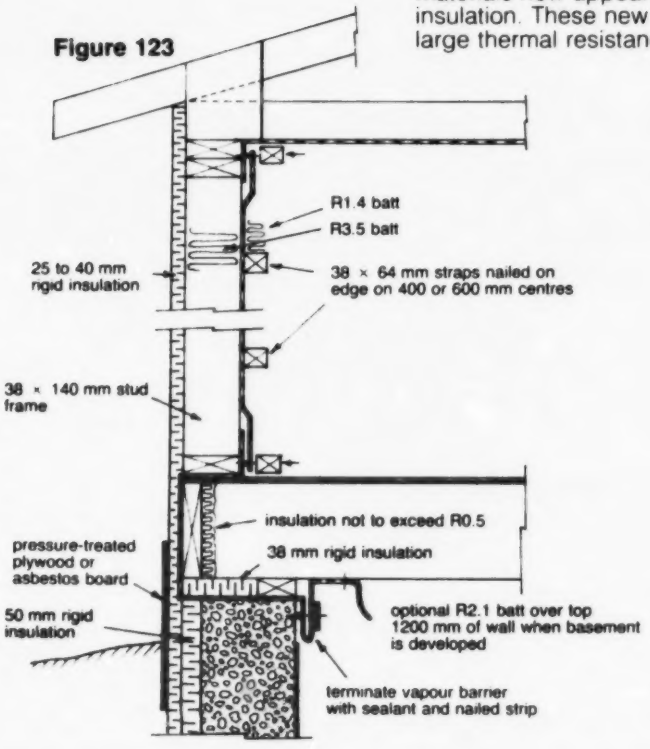
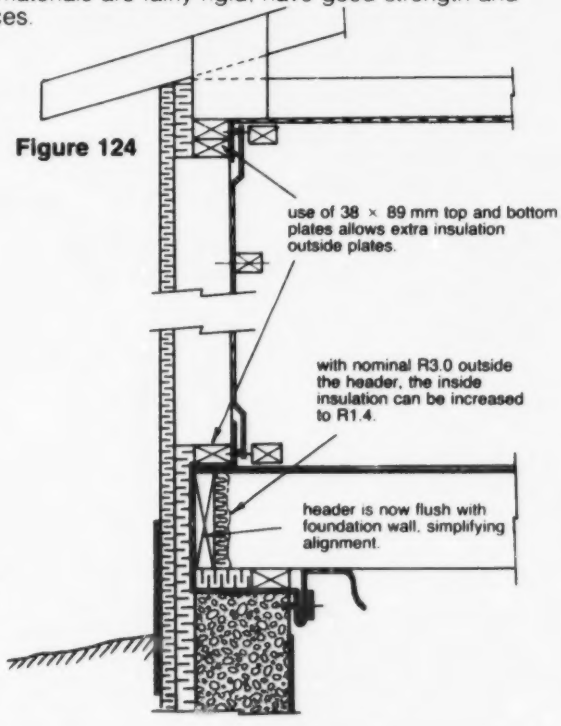



**Figure 124**



# 26.0 Educating the home owner

The energy efficient house contains many features that are new to the average home owner and, unless these features are explained to the owner, there is a chance that he may unknowingly harm some of them. This applies particularly to the air-vapour barrier. The owner must be made aware of the work that has gone into the air tight house construction, and the ease with which this air-tightness can be destroyed by modifications (such as adding more electrical receptacles) to the exterior walls. Unless the owner knows the purpose of the loose edge of vapour barrier at the joists of an unfinished basement (see figure 106 for example) he may decide to trim it off. Apart from this, the home owner has to be told about the purpose of furnace rooms and the various features of air management systems.

This guide recommends that builders prepare an explanatory brochure for owners of energy efficient houses; identifying the main features and pointing out their purpose. This brochure should also include a list of **do's and don't's**.

# 27.0 Index

# 27.0 Index


## A

**Air circulation**

distribution system 18
in energy-efficient houses 19

**Air management 18-20, 22, 60, 74, 75**

**Air supply to combustion units**
(see combustion air supply)

**Air-vapour barrier**
damage to 23, 54, 55, 79
energy conservation
aspects 17, 22
in drawings 24, 25
installation rules 29
inspection of 29
material selection 28
metal foil type 72
positioning of 22, 23
reduces moisture damage 22
stapling procedures 29
wind damage protection 29

**Air vents 18, 19**
and gas codes 60, 74
in furnace room 68
joined to air-vapour barrier 56, 60
wind loading 74

**Air tightness**
of furnace rooms 18, 21
of air plenums 69
tests 22, 24, 25, 70

**Attic hatch 64**

## B

**Backdraft dampers 74, 75**

**Basement (concrete)**
and temperature cycling 66
curing problems 65
damp-proofing 30, 65
interior and exterior insulation 65
moisture barrier 30
slab insulation 30

**Basement**
**(pressure-treated wood) 33**

## C

**Cables (see electrical)**

**Caulks and sealants 28**
embrittlement 55
heat-resistant types 56
testing of samples 28

**Ceilings in split level design 48**

**Chimney effect 17**

**Chimney (flue)**
air leakage round 57
joining to air-vapour barrier 57, 68, 73

**Cold rooms 71**

**Cold spots near headers 36**

**Combustible materials 56**

**Combustion air supply 20, 21, 22, 69, 73**

**Comfort level 22**

**Condensation 13, 14**
at sill plate 38

**Concrete basement (see basement)**

**Concrete temperature cycling 31**

**Crawl space, unheated**
bath tubs over 63
combustion air supply 73
heating runs 70
moisture barrier 31
plumbing in 59
split-level design problems 49
ventilation 31

## D

**Dampers 18, 31**
backdraft type 74, 75

**Dewpoint 13-15**
air-vapour barrier location 23
problems around bath-tubs 63
problems in saunas 72

**Domestic hot water tank 67, 70**

**Doors 18**
air leakage round 52
joining to air-vapour barrier 51

**Double frame wall 23**
windows in 51
designs 76, 77
vapour barrier location 23

**Drains**
infiltration 16, 68
radon infiltration 21, 68

**Drawing the air-vapour barrier 25**

**Dryer venting 74**

**Dux seal**
used on service conduit 59

## E

**Electrical**
cables in partition walls 41-46
receptacles 23, 53-55, 79
service entrance 59
service panel 59

**Energy efficient housing**
Energy Showcase 10, 20-22, 25
Saskatchewan Conservation House 10

**Evaporation 13**

## F

**Fireplaces 73**
combustion air supply 73

**Floor headers (see headers)**

**Flue 56, 57**

**Foundations 30-32**

**Frost build-up**
damage resulting from 14, 15
at headers 35
in heat exchangers 21
in walls and attic 13-15

**Furnaces**
chimney effect 16

**Furnace room 21, 67-70**
and gas codes 21

## G

**Garage**
air-vapour barrier problems 47

**Gas code requirements 21, 60**

## H

**Headers**
air leakage round 34, 38
air-vapour barrier construction 34-39
damage to vapour barrier 37
dewpoint problems 23
cold spots 36
frost build-up 35
insulation levels 23, 36, 37
siding attachment 37

**Heat exchangers 75**
frost build-up in 21

**Hot water**
used for space heating 70

**Humidifier 12**

**Humidity levels, control of 19**

## I

**Ice Flexing 66**

**Infiltration and exfiltration 16, 17**
air changes per hour 17
damage resulting from 17
energy conservation aspects 17

**Inspection of air-vapour barrier 29**

## L

**Lighting fixtures 55**

**Latex-based caulk 56**

## M

**Moisture barrier**
in basement 30
in crawl space 31

**Moisture damage**
at overhangs 47
at sill plate 38

**Mutfler cement**
used as heat-resistant caulk 56

## O

**Oakum**
as a sliding seal 58

**Odours, control of 19**

**Overhangs 47**
heat runs in 52

**Oxygen level, control of 19**

# 27.0 Index


## P

**Partition walls 41-16**
air leakage 41
caulking electrical
cables in 41, 44
air-vapour barrier at top
plate 41-43
over unheated crawl space 44-45

**Permeance 13, 14, 15**

**Plumbing**
in crawl space 59
in furnace room 68

**Pollutants, control of 19**

**Polyethylene 28**

**Polypan 53, 54, 63**

**Pony walls 61**

**Pressure treated wood foundation 33**

## R

**Radon gas**
and floor drain 21, 68
in concrete basements 30
in slab on grade 32
levels 19, 20
tests in Energy Showcase 20

**Regional factors 11, 23**

**Relative humidity 12, 13**

**Retrofit 15, 36**

## S

**Saturation point 12, 13**

**Sauna 72**

**Sealants (see caulks and sealants)**

**Sheathing**
weakening the siding
attachment 37, 78

**Siding, weakness of attachment 37, 78**

**Sill plate**
and air-vapour barrier position 38

**Slab on grade**
independent slab and
foundation 32
combined slab and foundation 32

**Soil Problems 66**

**Split-level house design 48**

**Stacks (see vent stacks)**

**Stairwells 62**

**Staples, use of 29**

**Strapped wall design 23, 78**

**Sublimation 13**

**Super-insulated walls (see double-frame walls and strapped wall design)**

**Support beam 40**

## T

**Temperature cycling 31, 66**

**Thermal convection 19**

**Truss lift 46**
same effect in walls 77

## V

**Vapour Barrier (see air-vapour barrier)**

**Vapour pressure 12, 13**

**Vent stack**
joined to air-vapour barrier 58, 59
into crawl space 59

**Ventilation 18-20, 22, 60, 74-75**
in the attic 14
of the house 12, 18
systems 18, 20
rates 19, 20
heat losses 20

## W

**Water vapour**
movement and control 12-15
generation 12
movement in air flow 15

**Wind damage to air-vapour barrier 29**

**Wind loading on vents 74**

**Windows 18**
air leakage 50, 52
air-vapour barrier treatment 50-53
bay window 52
in double frame wall 51

Canada

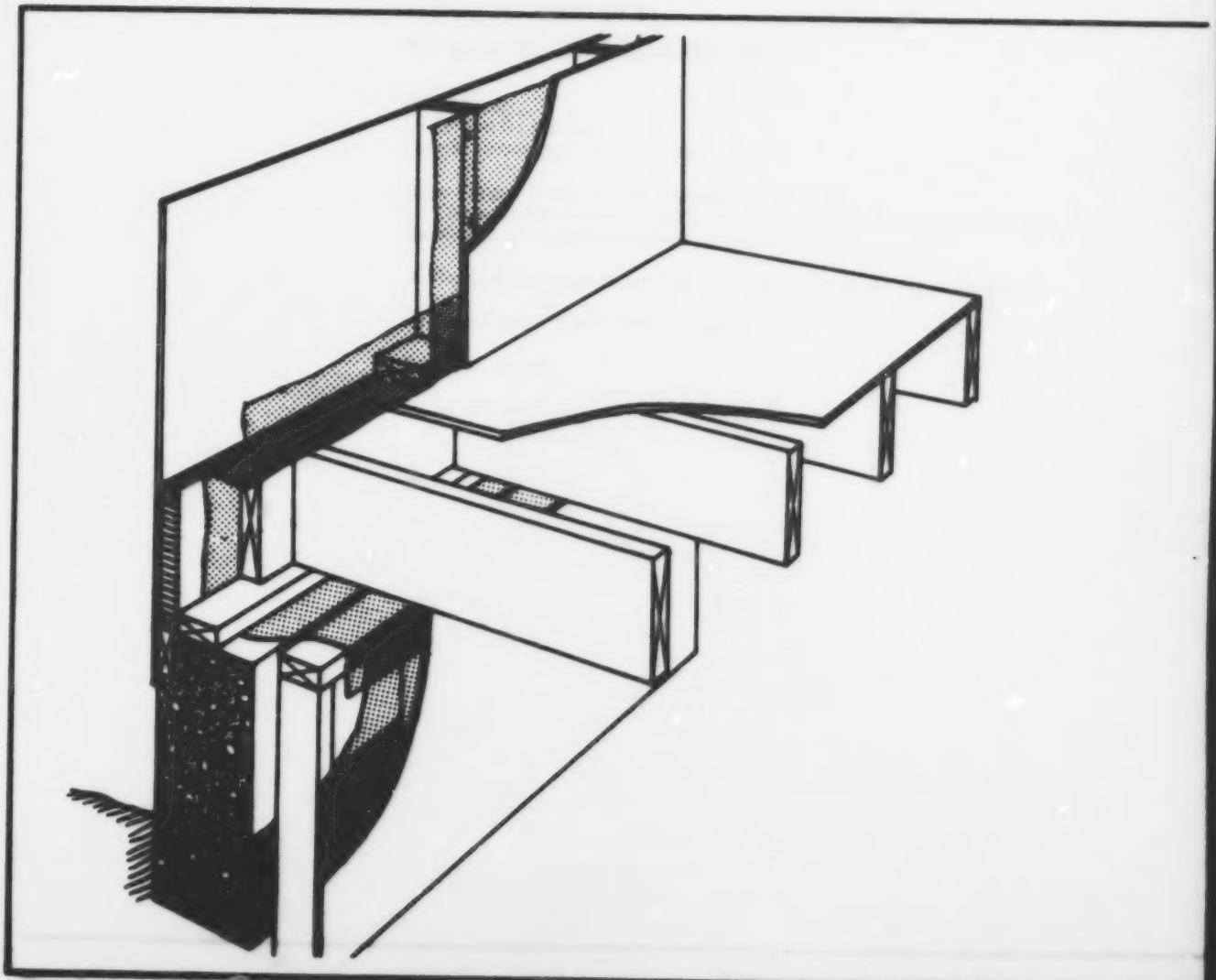
Printed in Canada

# Number/
# Numéro

2

Énergie, Mines et Ressources Canada
Energy, Mines and Resources Canada

# Les membranes d'étanchéité (pare-air/vapeur)



**Technologie de l'économie d'énergie dans les bâtiments**

Énergie, Mines et Ressources Canada
Energy, Mines and Resources Canada

# Les membranes d'étanchéité

## Aperçu général et guide d'installation

**Rédigé par**
D. Eyre et D. Jennings
Conseil de recherches de la Saskatchewan

**Avec l'appui financier des organismes suivants**
Le Conseil provincial de la Saskatchewan de l'Association canadienne de l'habitation et du développement urbain (HUDAC)

Le Programme d'autorisation des nouvelles maisons de la Saskatchewan

Le Gouvernement de la Saskatchewan

Troisième édition

Septembre 1982

# Remerciements

Plusieurs des techniques exposées dans le présent guide ont été mises au point dans la maison expérimentale dite "Saskatchewan Conservation House", qui a été construite à Regina en 1977-1978, et ont été perfectionnées par les 14 constructeurs qui ont participé à un projet expérimental de construction de chacun une maison à haut rendement énergétique, à Saskatoon en 1980. Les auteurs sont heureux de transmettre leurs remerciements à ces constructeurs, qui ont trouvé des solutions ingénieuses aux divers problèmes liés à l'installation des membranes d'étanchéité:

**Amber Homes Ltd.**
**Cairns Homes Ltd.**
**Concept Construction Ltd.**
**Hilton Homes Ltd.**
**Medallion Homes Ltd.**
**Millbrandt Homes Ltd.**
**Nu-Central Homes Ltd.**
**Plainsman Developments Ltd.**
**Rathgeber Homes**
**Schurman's Construction Co. Ltd.**
**Shir-Lee Homes Ltd.**
**Stellar Developments Ltd.**
**Victory Homes**

L'auteur désire remercier aussi M. John Haysom, de Scanada Consultants Limited, pour ses critiques constructives au cours de la rédaction du présent document.

# Préface de la troisième édition

La Direction de l'économie d'énergie et du remplacement du pétrole d'Énergie, Mines et Ressources Canada, grâce à son programme d'appui à la technologie des bâtiments, est heureux de réimprimer le présent guide sur l'installation des membranes d'étanchéité, dont les auteurs sont MM. D. Eyre et D. Jennings, du Conseil de recherches de la Saskatchewan. Notre but est de mettre ces renseignements à la disposition des constructeurs, des entrepreneurs, des propriétaires et des concepteurs de bâtiments et de maisons au Canada.

Même si le présent document a été examiné par le Bureau de la conservation et des énergies renouvelables d'EMR Canada et approuvé pour publication, il ne s'ensuit pas que le contenu correspond nécessairement aux vues et aux politiques du Ministère. En outre, la mention de marques commerciales, de produits commerciaux ou de sociétés commerciales ne constitue pas une approbation ou une recommandation à leur égard.

Le présent document a été préparé avec la collaboration de l'Association canadienne de l'habitation et du développement urbain (HUDAC) pour l'information de la population. L'Association et ses employés et agents n'offrent cependant aucune garantie expresse ou implicite à propos du contenu du document.

On peut obtenir d'autres exemplaires du présent document, en français ou en anglais, à l'adresse suivante:
Énergie, Mines et Ressources Canada
Direction de l'économie d'énergie et du remplacement du pétrole
580, rue Booth
Ottawa (Ontario)
Canada
K1A 0E4

# Préface de la deuxième édition

Cette deuxième édition comprend de légères modifications au texte. La numérotation des pages a été modifiée et un index a été ajouté.

La plupart des modifications au texte découlent des observations faites par M. Harold Orr, de la Station régionale des Prairies du Conseil national de recherches. En particulier, il est question du problème présenté par la lisse basse à la page 38, la section 19.2 portant sur les mouvements causés par la glace à la page 66 a été modifiée et le texte portant sur les murs à ossature jumelée à la page 76 a aussi été modifié. Dans ce dernier cas, les auteurs ont toutefois préféré retenir certaines observations à propos des difficultés pratiques de cette technique.

Une mise en garde a été faite à propos du système d'aération illustré à la figure 116 à la page 74, à la suite de renseignements communiqués par M. J. White, du bureau principal de la Société canadienne d'hypothèques et de logement.

# Table des matières

## Section I
## Aperçu général des installations à étanchéité renforcée


**1.0 Introduction 10**

**2.0 Les principes fondamentaux du déplacement et de la régularisation de la vapeur d'eau 12**

**3.0 Infiltrations et fuites 16**

**4.0 Les membranes d'étanchéité 18**
4.1 Le but réel des membrances d'étanchéité 18
4.2 Aération 18
4.3 Approvisionnement en air des appareils à combustion 20
4.4 L'étanchéité idéale 22
4.5 L'emplacement du pare-vapeur 22
4.6 Méthodes et normes d'essai 24
4.7 Quelques observations générales sur des problèmes de conception 24


## Section II
## Comment réaliser l'installation d'une membrane d'étanchéité


**5.0 Choix des matériaux 28**
5.1 Membrane d'étanchéité 28
5.2 Produits de calfeutrage 28

**6.0 Guide général d'installation 29**

**7.0 Fondations 30**
7.1 Vide sanitaire non chauffé 31
7.2 Dalle indépendante et fondation 32
7.3 Dalle et fondation combinées 32
7.4 Fondation en bois traité sous pression 33

**8.0 Installation autour des solives de rive 34**
8.1 Problème de la lisse basse 38

**9.0 Poutres de soutien 40**

**10.0 Cloisons 41**
10.1 Le problème 41
10.2 Une solution intermédiaire 41
10.3 Une mauvaise solution 42
10.4 Une meilleure solution 42
10.5 La cloison dans son ensemble 43
10.6 La meilleure façon de traiter les cloisons 46

**11.0 Endroits difficiles 47**
11.1 Garage à même la maison 47
11.2 Porte-à-faux 47
11.3 Plafonds des maisons à mi-étages 48
11.4 Plancher à mi-étage au-dessus d'un vide sanitaire non chauffé 49

**12.0 Portes et fenêtres 50**
12.1 Le problème 50
12.2 Une solution facile 50
12.3 La meilleure solution 51
12.4 Note sur l'infiltration d'air autour des portes et fenêtres 52

**13.0 Sorties électriques 53**
13.1 Une bonne méthode 53
13.2 Variantes de cette méthode 53
13.3 Comment éviter les dommages au cours de la pose du revêtement mural 54
13.4 Plafonniers 55
13.5 Mise en garde 55

**14.0 Évents, tuyaux et cheminées 56**
14.1 La technique générale 56
14.2 Remarque sur le calfeutrage résistant à la chaleur 56
14.3 Cheminée de fournaise 57
14.4 Colonne d'évent 58
14.5 Plomberie dans un vide sanitaire non chauffé 59
14.6 Entrées de service d'électricité 59
14.7 Évents d'aération 60
14.8 Remarque importante 60

**15.0 Murs nains 61**

**16.0 Escaliers 62**

**17.0 Baignoires et accessoires 63**

**18.0 Trappe du grenier 64**

**19.0 Problèmes liés aux fondations en béton 65**
19.1 Le problème de la cure du béton 65
19.2 Mouvements causés par la glace 66

**20.0 La pièce de chauffage 67**
20.1 Isolation 70
20.2 Vérification de l'étanchéité 70

**21.0 Chambre froide 71**

**22.0 Saunas 72**

**23.0 Foyers 73**

**24.0 Systèmes d'aération 74**
24.1 Évents de sécheuse 75

**25.0 Murs super-isolés 76**
25.1 Le mur à fourrures 78

**26.0 L'éducation du propriétaire 79**

**27.0 Index 81**

## Section I

# Aperçu général
# Les membranes d'étanchéité

# 1.0 Introduction

Au fur et à mesure de son évolution, la situation énergétique dans son ensemble a des répercussions dans l'industrie du bâtiment au Canada. De nouvelles normes d'efficacité énergétique sont élaborées et, dans plusieurs projets pilotes à travers le pays, les constructeurs et les ingénieurs explorent diverses façons d'améliorer le rendement thermique des habitations. D'ici 1990, il n'est pas invraisemblable que la plupart des nouvelles habitations, sinon toutes, devront être conformes à des exigences assez serrées en matière d'efficacité énergétique. Dans l'intervalle, l'industrie du bâtiment devra s'adapter à des changements dans les techniques et les méthodes de construction, et ces changements seront plus importants et de plus grande envergure que tous ceux que l'industrie a connus jusqu'à maintenant.

On n'a pas encore une idée claire de ce que seront ces changements. Toute la question de l'efficacité énergétique est encore à une étape primitive de développement et on s'entend peu encore sur la conception fondamentale des bâtiments à haut rendement énergétique et sur les facteurs économiques en cause. On semble toutefois reconnaître de plus en plus les modèles qui ont été conçus d'abord en Saskatchewan et il est probable que ces modèles auront une influence décisive dans l'élaboration des nouvelles normes. La maison à efficacité énergétique de l'avenir sera probablement différente des modèles actuels sous quatre aspects:

a) elle sera pourvue d'une membrane d'étanchéité au lieu d'un pare-vapeur;
b) elle sera beaucoup mieux isolée;
c) elle utilisera davantage l'énergie solaire passive;
d) elle sera équipée d'un système d'aération qui contribuera à son efficacité énergétique.

Chacun de ces éléments est encore au stade expérimental. Il faudra encore plusieurs années d'essai, ainsi que de mise au point des matériaux et des techniques de construction avant qu'ils ne deviennent des pratiques courantes dans le bâtiment. Cela est particulièrement vrai des membranes d'étanchéité, lesquelles sont importantes non seulement à cause des économies d'énergie qu'elles procurent, mais aussi à cause de leurs avantages sur d'autres aspects de la construction et du rendement des maisons.

La Saskatchewan a joué un rôle d'avant-garde dans la mise au point des membranes d'étanchéité. Une maison expérimentale appelée "Saskatchewan Conservation House" a probablement été la première au monde à atteindre le degré d'étanchéité à l'air qui est maintenant appliqué dans plusieurs constructions à haut rendement énergétique. Les techniques ont été appliquées et améliorées par un certain nombre de propriétaires et de constructeurs dans la province. Un groupe de 14 maisons expérimentales à haut rendement énergétique, dont la construction a été achevée en 1980 à Saskatoon, sont un exemple frappant de construction à étanchéité renforcée par chacun des constructeurs participants.

Deux leçons peuvent être tirées des expériences des constructeurs de ces maisons. La première est que l'installation d'une membrane d'étanchéité est un procédé très différent de la pose du pare-vapeur ordinaire puisqu'il fait appel à des techniques différentes, qu'il met davantage l'accent sur la qualité et qu'il exige plus de soins à l'étape du dessin des plans. Ces nouvelles techniques ne s'acquièrent pas facilement et chaque constructeur peut constater qu'il doit les mettre à l'essai sur plusieurs maisons avant de pouvoir les maîtriser. La deuxième leçon a trait au besoin d'une publication qui traite de façon complète des principes fondamentaux et des problèmes pratiques de l'installation des membranes d'étanchéité. Le présent guide est destiné à répondre à ce besoin. Cependant, ce guide n'est pas une norme du bâtiment; les techniques et les matériaux employés dans l'installation d'une membrane d'étanchéité évolueront probablement beaucoup dans les dix prochaines années et le présent guide n'est qu'un point de départ que les constructeurs peuvent utiliser pour mettre au point leurs techniques. Éventuellement, lorsque l'installation de membranes d'étanchéité deviendront une pratique courante dans la construction des maisons, il n'y a pas de doute qu'une norme sera élaborée.

Outre ces aspects pratiques, les constructeurs seront confrontés au cours des quelques prochaines années à certaines autres questions qu'il a été jugé utile d'aborder dans le présent guide. Voici les sujets qui sont abordés:

a) L'effet des membranes d'étanchéité sur l'aération.
b) L'effet des membranes d'étanchéité sur les appareils de chauffage à combustion.
c) Les restrictions imposées par les normes actuelles du bâtiment.
d) L'importance de dessiner des plans complets de détaillés.
e) La représentation des membranes d'étanchéité sur les plans.
f) Quel est le degré idéal d'étanchéité?
g) Les méthodes et les normes d'essai de l'étanchéité.

Il est inévitable que ce guide sera lu en dehors de la province de la Saskatchewan. C'est pourquoi une mise en garde est nécessaire à l'intention de ceux qui tenteraient d'appliquer ces techniques intégralement. Au cours des quelques prochaines années, à mesure que les maisons acquerront une meilleure efficacité énergétique, leur conception sera de plus en plus adaptée au climat local. Les effets du climat régional deviendront importants et les techniques appliquées dans une région ne conviendront pas nécessairement dans une autre. Les techniques décrites dans le présent guide ont été mises au point en fonction du climat et des genres de construction qui existent dans les Prairies canadiennes. Les détails, et même les facteurs économiques sous-jacents, ne sont peut-être pas applicables ailleurs.

# 2.0 Les principes fondamentaux de déplacement et de régularisation de la vapeur d'eau

Dans une maison ordinaire, de 10 à 15 kg (9 à 14 l) d'humidité peuvent être produites chaque jour par l'effet combiné de la transpiration, de la cuisson, de la lessive et du bain. Cette humidité, sous la forme de vapeur d'eau, se mêle à l'air de la maison. Un certain nombre de facteurs déterminent la quantité de vapeur d'eau mêlée à l'air à un moment donné, mais deux de ces facteurs sont plus importants que les autres, soit le rythme auquel la vapeur d'eau est produite dans la maison et le rythme auquel elle est expulsée de la maison par ventilation ou par des fuites. Dans une maison ordinaire, il y a habituellement de 2.5 à 5 kg (2 à 5 l) de vapeur d'eau dans l'air à tout moment.

La vapeur d'eau se comporte comme un gaz et exerce sa propre pression, appelée pression de vapeur. Plus il y a de vapeur d'eau dans l'air, plus la pression est élevée.

L'expression "humidité relative" est souvent employée pour désigner la quantité de vapeur d'eau dans l'air. Si cette quantité de vapeur d'eau augmente, l'humidité relative de l'air augmente également, mais seulement jusqu'à un certain point. Si la quantité de vapeur d'eau s'accroît indéfiniment, il arrive un moment où l'air ne peut plus en absorber. C'est le point de saturation et, dans ce cas, on dit que l'humidité relative est de 100 pour cent. Si d'autre vapeur d'eau s'ajoute après que le point de saturation a été atteint, l'excès d'humidité se condense alors sur les surfaces ambiantes.

La capacité de rétention de vapeur d'eau dans l'air dépend de la température de l'air. A mesure que la température de l'air augmente, l'air peut contenir plus de vapeur d'eau. Si on a deux volumes d'air dont l'humidité relative est de 100 pour cent, mais dont la température est différente, celui qui est le plus chaud contiendra une plus grande quantité de vapeur d'eau. Par conséquent, si on a un volume d'air froid dont l'humidité relative est de 100 pour cent et qu'on en élève la température, son humidité relative diminuera même s'il contient la même quantité de vapeur d'eau. C'est parce que, à la température plus élevée, l'air peut absorber plus de vapeur d'eau avant d'atteindre le point de saturation.

Voici un exemple concret. Ouvrons toutes les portes et fenêtres d'une maison en hiver et laissons entrer l'air froid de l'extérieur dont l'humidité relative pourrait être de 80 pour cent (c'est-à-dire que cet air contient 80 pour cent de l'humidité relative qu'il peut absorber à cette température). Fermons ensuite toutes les portes et fenêtres et laissons l'air se réchauffer à la température normale de la maison. Nous remarquerions rapidement que l'air serait devenu très sec ou, autrement dit, que son humidité relative est très basse. Voici l'explication. Aux températures normales de l'hiver, l'air ne pouvant absorber qu'une quantité minime de vapeur d'eau, elle n'en contient que très peu même si son humidité relative est élevée. Lorsque l'air pénètre dans la maison et qu'il est réchauffé, il peut alors contenir beaucoup plus de vapeur d'eau qu'il en contient à ce moment-là et son humidité relative peut tomber à un degré aussi bas qu'un ou deux pour cent. Lorsqu'une maison est peu humide en hiver, ou s'il faut y installer un humidificateur pour garder l'humidité à un niveau raisonnablement élevé, il s'agit normalement d'une indication que trop d'air extérieur pénètre dans la maison.

Prenons un exemple de l'effet opposé. On a un volume d'air dont l'humidité relative est de 80 pour cent et on le refroidit près du point de congélation. Cet air perd graduellement sa capacité de retenir de la vapeur d'eau et son humidité relative augmente jusqu'à ce que, à un certain point pendant le refroidissement, il devient saturé, c'est-à-dire qu'il a une humidité relative de 100 pour cent. Si l'air est refroidi ne serait-ce que légèrement au delà de ce point, il doit libérer une partie de sa vapeur d'eau sous la forme de condensation. C'est ce qui arrive lorsque l'air humide vient en contact avec des fenêtres froides ou une bouteille de bière froide. Lorsque l'air est refroidi au point où la condensation commence à se produire, on dit qu'elle a atteint la température du point de rosée. Cette température du point de rosée dépend évidemment de la quantité de vapeur d'eau qui était dans l'air au départ. Si l'air était presque saturé à sa température originale, la température du point de rosée ne sera que de quelques degrés plus bas. Mais si son humidité relative était très basse au départ, sa température du point de rosée sera alors très basse. Dans certains cas, la température du point de rosée peut être sous le point de congélation, auquel cas la vapeur d'eau excessive prend la forme de givre au lieu de condensation.

La plupart des matériaux de construction ont une consistance poreuse qui laisse passer la vapeur d'eau. Cela s'applique, à des degrés divers, au papier, au plâtre, au bois, à l'isolant et même au béton. Dans le cas de certains matériaux, tels que l'isolant en vrac, la vapeur d'eau peut s'infiltrer assez facilement. On dit de ces matériaux qu'ils ont une haute "perméance". Dans d'autres matériaux, tels que le bois ou le béton, il y a plus de résistance au passage de la vapeur d'eau. Ces matériaux ont une perméance plus basse. Les matériaux pare-vapeur, tels que les feuilles de polyéthylène, servent à abaisser le taux de perméance parce que leur but principal est d'empêcher le passage de la vapeur d'eau.

Pour comprendre le fonctionnement d'un pare-vapeur, examinons ce qui se passerait dans une maison s'il n'y en avait pas. L'intérieur de la maison est chaud et l'humidité relative est généralement entre 20 et 30 pour cent. L'extérieur est froid et l'humidité relative est normalement élevée, soit autour de 80 pour cent. L'air à l'intérieur de la maison contient beaucoup plus de vapeur d'eau que l'air à l'extérieur et ainsi, la pression de vapeur à l'intérieur est plus élevée qu'à l'extérieur. Cette différence de pression amène la vapeur d'eau à s'échapper vers l'extérieur à travers l'enveloppe de la maison et particulièrement par les murs extérieurs et le plafond. Comme il n'y a pas de pare-vapeur, les murs et le plafond offrent peu de résistance au passage de la vapeur d'eau, ce qui provoque un taux de déplacement élevé de la vapeur d'eau. En s'échappant à travers le mur et le plafond, la vapeur d'eau se refroidit progressivement à cause de la baisse de température à mesure qu'elle traverse ces parois. A un moment donné, le point de rosée est atteint et la vapeur d'eau se condense ou forme du givre, selon que la température du point de rosée est au-dessus ou au-dessous du point de congélation. Si rien d'autre ne survenait, la vapeur d'eau continuerait à s'échapper de l'intérieur de la maison jusqu'à l'endroit du point de rosée et l'eau condensée ou le givre continuerait à s'accumuler à cet endroit. Cependant, le givre et l'eau condensée libèrent à leur tour de la vapeur d'eau qui s'échappe vers l'extérieur à travers le mur et le plafond et qui produit du givre ou de la condensation au delà de l'endroit où se produit le point de rosée. Par conséquent, à chaque point au delà de l'endroit du point de rosée, deux phénomènes se produisent: le premier est l'accumulation d'eau condensée ou de givre due à l'échappement de la vapeur d'eau de l'intérieur de la maison; le second est l'élimination de cette accumulation par évaporation ou sublimation*, ce qui produit une autre quantité de vapeur d'eau laquelle peut aussi se déplacer vers l'extérieur. Dans une maison ordinaire en hiver, ces deux phénomènes se produisent principalement dans l'isolant, lequel offre peu de résistance au déplacement de la vapeur d'eau. Ainsi, le deuxième phénomène tend à prédominer et toute condensation est éliminée aussi rapidement qu'elle se forme.

* La sublimation est un processus par lequel la matière se transforme de l'état solide à celui de gaz sans passer par l'état liquide. Dans ce cas ci, la glace se transforme directement en vapeur d'eau.

# 2.0 Les principes fondamentaux de déplacement et de régularisation de la vapeur d'eau

La vapeur d'eau se déplace donc ordinairement au delà de l'endroit du point de rosée sans causer de condensation ou du givre et elle continue de se diriger vers l'extérieur à travers le mur ou le plafond jusqu'à ce qu'elle atteigne des conditions telles qu'elle puisse s'accumuler. Dans les murs, cela se produit ordinairement à la surface du revêtement extérieur ou du papier de revêtement. Comparativement à l'isolant, ces matériaux offrent une résistance relativement élevée au déplacement de la vapeur d'eau et, par conséquent, la rapidité avec laquelle la vapeur d'eau se déplace jusqu'au revêtement est de beaucoup supérieure à celle avec laquelle elle peut passer à travers le revêtement. Comme la température du revêtement est ordinairement bien au-dessous du point de congélation, les conditions sont alors idéales pour que le givre s'accumule.

Un processus semblable se produit au plafond. La vapeur d'eau cherche à s'échapper vers l'extérieur jusqu'à ce qu'elle arrive au revêtement du toit. Si l'entretoit est mal ventilé, du givre peut se former sur le revêtement. Si le toit est bien aéré, le courant d'air peut entraîner la vapeur d'eau avant qu'elle n'ait eu le temps de se condenser. Par ailleurs, ce courant d'air peut favoriser la formation du givre en refroidissant l'air humide sous la température du point de rosée.

*Dans ce genre de maison, sans pare-vapeur*, le processus de l'accumulation de givre se poursuit généralement tout l'hiver et du givre se forme progressivement sur le revêtement du toit et des murs. Au printemps, ou lorsque la température du revêtement extérieur s'élève au-dessus du point de congélation, le givre se met à fondre. L'eau tombe ou s'écoule dans la direction où la gravité l'entraîne. Dans l'entretoit, elle peut tomber sur le plafond, et le détremper ou le décolorer. Dans des cas graves, il peut y avoir assez d'eau pour inonder le plafond, et l'eau peut alors s'écouler par les plafonniers et même faire s'écrouler le plafond. Dans les murs, l'eau de la fonte s'accumule sur les cales ou sur la lisse basse, où elle peut décolorer le revêtement intérieur ou causer de la pourriture, de la moisissure et des odeurs désagréables à l'intérieur du mur. Dans plusieurs cas, l'accumulation d'eau sur la lisse basse peut être de plusieurs pouces. Cela peut entraîner la détérioration complète de la base du revêtement intérieur, sans compter l'infiltration d'eau sous les plinthes ou par les prises de courant.

Plusieurs maisons anciennes (surtout celles qui ont été construites avant l'ère du contreplaqué) n'ont jamais connu de tels problèmes même si elles n'ont pas de pare-vapeur. C'est généralement parce que la maison est construite de telle sorte que la vapeur d'eau s'élimine rapidement. Cette élimination rapide peut être due à la perméance élevée du revêtement extérieur ou à de nombreuses fuites permettant à l'air de traverser les murs. Même si de telles maisons ont évité les problèmes de l'accumulation de givre, ce n'est pas nécessairement parce qu'elles sont bien construites; il s'agit tout simplement d'un concours de circonstances qui fait qu'un défaut quelconque aide à éliminer les problèmes causés par un autre défaut.

*Examinons maintenant le cas d'une maison pourvue d'un pare-vapeur.* Comme le pare-vapeur a un degré de perméance très bas, il réduit le taux de déplacement de la vapeur d'eau vers les murs extérieurs et le plafond. Dans les murs, cela signifie que la vapeur d'eau peut traverser plus facilement le revêtement extérieur que le pare-vapeur. Par conséquent, la vapeur d'eau s'échappe des murs aussitôt qu'elle y arrive en provenance de l'intérieur de la maison et il ne se forme aucune condensation ou givre. Dans le toit, même une quantité modérée de ventilation peut éliminer la vapeur d'eau aussitôt qu'elle pénètre dans le plafond. Encore une fois, il n'y a pas d'accumulation.

*Le pare-vapeur est utile non pas parce qu'il élimine l'échappement de l'humidité dans les murs et le plafond mais parce qu'il ralentit le déplacement à un rythme convenant à la structure de la maison.*

En prévision de certains des points qui seront abordés plus loin dans le présent guide, il est important de considérer l'emplacement du pare-vapeur. L'emplacement du pare-vapeur dans les murs et le plafond est soumis à un seul critère technique: il doit se situer avant l'endroit du point de rosée dans la pire des situations, comme à la température moyenne la plus basse en janvier. Si le pare-vapeur se situe après l'endroit du point de rosée, la vapeur d'eau pénètre dans le mur jusqu'à ce qu'elle atteigne cet endroit. Alors, elle se condense ou forme du givre. Comme on l'a signalé plus tôt, cette eau condensée ou ce givre a tendance à former de la vapeur d'eau laquelle à son tour se déplace plus loin à l'intérieur du mur. Cependant, cet autre déplacement est arrêté par le pare-vapeur et, par conséquent, il y a accumulation continuelle d'eau ou de givre sur la surface intérieure du pare-vapeur. Les conséquences peuvent être aussi sérieuses que celles qui ont été mentionnées précédemment.

Un autre problème survient lorsqu'un mur empêche le déplacement de la vapeur d'eau de deux façons importantes. Ainsi, parce qu'on a pris des mesures d'économie d'énergie, un mur peut se retrouver avec deux pare-vapeur. Ou encore, si le revêtement extérieur a une perméance basse et est très étanche, il peut effectivement agir comme second pare-vapeur. Dans ces conditions, le risque d'accumulation est déterminé par deux facteurs, soit le taux de pénétration de la vapeur d'eau dans le pare-vapeur intérieur et le taux de pénétration dans celui qui est à l'extérieur. Si le taux à l'intérieur est supérieur à l'autre et si l'endroit du point de rosée se situe entre les deux pare-vapeur, il y aura accumulation. A cet égard, certains constructeurs ont exprimé des doutes à propos de l'utilisation de polystyrène à basse perméance comme matériau de revêtement. Dans certains cas, il semble y avoir un risque que ce matériau agisse comme second pare-vapeur.

Le présent guide recommande que, lorsqu'un revêtement à basse perméance peut constituer un second pare-vapeur, il faut faire en sorte qu'il y ait des ouvertures d'aération entre les panneaux de revêtement ou à l'endroit où le panneau se termine en haut du mur. Idéalement, les ouvertures devraient être tout juste assez grandes pour laisser la vapeur d'eau s'échapper de l'intérieur du mur aussi rapidement qu'elle y pénètre, mais pas assez grandes pour laisser l'air circuler à l'intérieur du mur (trop de circulation d'air à travers l'isolant peut nuire à l'isolation). Si les ouvertures d'aération sont trop petites, il peut y avoir assez d'accumulation de givre pour causer de l'humidité dans le mur plus tard. Si le pare-vapeur et le revêtement sont à toutes fins utiles imperméables, il faudrait plusieurs semaines de température chaude pour assécher l'intérieur du mur.

# 3.0 Infiltrations et fuites

Jusqu'ici, nous avons surtout parlé de la façon dont la vapeur d'eau peut traverser des matériaux de construction solides par un processus de perméation et nous avons vu comment le pare-vapeur peut régulariser ce déplacement. Mais il y a une autre façon pour la vapeur d'eau de pénétrer dans les murs extérieurs et le plafond, soit par le déplacement de l'air. Le pare-vapeur n'a jamais été destiné à régulariser ce deuxième processus et il n'est pas conçu à cette fin.

Les pressions d'air qui s'exercent autour d'une maison sont complexes, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur. Ces pressions sont déterminées par le vent, par les courants de convection chauds dans la maison, par le tirage des appareils de chauffage, par les processus de combustion, par l'usage de ventilateurs, etc. A tout moment, la maison est assujettie en même temps à des infiltrations par certaines ouvertures et à des fuites compensatrices par d'autres ouvertures. (Le terme "infiltration" désigne de déplacement d'air de l'extérieur vers l'intérieur; le terme "fuite" désigne le déplacement inverse.) Les ouvertures par où ces déplacements se produisent, se trouvent partout dans la maison, mais généralement là où il y a une rupture dans la structure: autour des fenêtres et des portes, dans les coins des murs intérieurs qui se sont craquelés à cause du tassement de la maison, au point de rencontre entre l'ossature de bois et la fondation en béton, autour de l'ouverture du grenier, autour des cheminées, des évents, des tuyaux et des fils là où ils traversent l'enveloppe extérieure, à travers les prises électriques, les guichets pour le lait, les entrées de lettres, les égoûts de plancher, les crevasses dans la fondation, et ainsi de suite. A plusieurs de ces endroits, il y a une sorte de rupture dans la structure de la maison et généralement une brèche correspondante dans le pare-vapeur. En plus de ces ouvertures inhérentes à la structure, il existe d'autres ouvertures intentionnelles qui ont une fonction d'aération quelconque: c'est le cas des cheminées de fournaise et de foyer, des ventilateurs de chambre de bain et de cuisinière, des parties de fenêtres qu'on peut ouvrir, des évents de sécheuse, des entrées d'air frais pour le foyer, et ainsi de suite. On a calculé* que si toutes les ouvertures d'une maison pouvaient être rassemblées, elles équivaudraient à un trou qui aurait la dimension de la moitié d'une porte. Vu cette grande surface totale d'ouvertures, il peut y avoir des courants d'air intenses tant vers l'intérieur que vers l'extérieur, même si la maison n'est exposée qu'à des pressions d'air normales.

Infiltrations et fuites se produisent simultanément et à peu près en s'équilibrant, les premières ayant lieu par certaines ouvertures et les deuxièmes par d'autres. L'agencement varie d'un instant à l'autre en fonction des variations dans la pression exercée sur la maison. En hiver, de l'air froid et relativement sec s'y infiltre. Cette infiltration ne crée pas de problèmes d'humidité en passant à travers l'enveloppe de la maison. Les problèmes d'humidité découlent des fuites, quand l'air chaud et humide s'échappe par les diverses ouvertures. Lorsque cet air humide traverse l'intérieur du mur ou l'entretoit, la vapeur d'eau subit alors les processus de condensation et de formation de givre dont il a été question plus tôt. De telles fuites peuvent donc causer les dommages par l'eau qui ont été décrits. A noter qu'il ne s'agit que d'une possibilité, car il est établi que les dommages par l'eau sont rares, même dans les maisons qui ont des taux élevés d'infiltration ou de fuite. Cela est probablement dû en partie à l'agencement instable des infiltrations et des fuites, de la condensation étant formée par des fuites à un moment donné et étant éliminée par des infiltrations dans une étape suivante. Dans la plupart des cas toutefois, l'absence de dommages par l'eau est dû à l'effet de cheminée du calorifère. Lorsque le calorifère fonctionne, la cheminée suctionne fortement l'air humide de la maison et l'expulse ainsi vers l'extérieur. Au même moment, le reste de la maison subit principalement des infiltrations d'air.

---

* Cet énoncé graphique est attribué à M. Harold Orr du Conseil national de recherches, Division des recherches en bâtiment.

Dans les maisons chauffées à l'électricité, où il n'y a pas de cheminée et donc aucun effet de cheminée, il y a plus souvent des dommages causés par l'eau. Il arrive aussi parfois que de tels dommages se produisent dans des maisons chauffées par des appareils à combustion. Dans ces derniers cas, la cause est probablement une production excessive de vapeur d'eau dans la maison ou un défaut majeur de construction.

A cause des infiltrations et des fuites, il y a un déplacement continuel d'air entre la maison et son entourage. Le taux auquel ce déplacement se produit est une indication de l'étanchéité de la maison et s'exprime en terme de "changement d'air par heure". Si une maison a un taux d'infiltration d'un changement d'air par heure, ou 1 cah, cela signifie que tout l'air de la maison est changé à chaque heure. Si une maison contient 425 $m^3$ d'air, un taux d'infiltration d'1 cah correspond à un déplacement de 0.12 $m^3/s$.

Des tests menés par la Station régionale des Prairies du Conseil national de recherches, en collaboration avec l'Université de la Saskatchewan, ont établi que les maisons dans la région de Saskatoon ont des taux d'infiltration variant de 0.2 cah à environ 1.5 cah, la moyenne se situant à environ 0.3 cah. Cette moyenne signifie qu 7075 $m^3$ d'air passent dans la maison chaque jour. Une telle ventilation est beaucoup plus élevée que nécessaire et a pour effet de réduire le taux d'humidité de la maison à un point d'inconfort. Si une maison a besoin d'un humidificateur pour maintenir un degré d'humidité confortable, c'est que les infiltrations sont peut-être excessives.

Dans le passé, on a peu songé à améliorer le rendement des maisons au point de vue de l'infiltration. L'infiltration (ou, pour être plus précis, les fuites) a été reconnue comme une source possible de dommages par la condensation, mais la gravité et la fréquence de tels dommages n'ont jamais été assez importantes pour justifier des modifications aux techniques de construction établies. Ce n'est que dans les quelques dernières années, alors que les économies d'énergie sont devenues importantes, que le taux d'infiltration d'une maison a commencé à être reconnu comme une cause possible de déperdition de chaleur. On peut se faire une idée du gaspillage ainsi causé en imaginant 7075 $m^3$ d'air froid que pénètrent dans une maison chaque jour, qui est réchauffée à la température intérieure normale de la maison et qui est finalement expulsée de la maison. La chaleur ainsi perdue représente de 25 à 30 pour cent de la consommation annuelle de chauffage.

# 4.0 Les membranes d'étanchéité

L'installation des membranes d'étanchéité est d'abord une mesure d'économie d'énergie. Son but principal est de réduire à un minimum pratique les pertes calorifiques causées par les changements d'air en rendant la maison le plus étanche possible contre les changements d'air non régularisés. A cette fin, la maison doit être pourvue d'une enveloppe presque parfaitement scellée et il est logique d'utiliser le pare-vapeur pour ce faire. L'installation de membranes d'étanchéité est donc une version très améliorée du pare-vapeur classique, car elle vise à empêcher à la fois la pénétration de la vapeur d'eau et les changements d'air non régularisés. C'est pourquoi l'on parle de "pare-air/vapeur".

Pour atteindre les normes élevées d'étanchéité à l'air qui s'imposent dans une telle installation *idéale*, les matériaux doivent être choisis avec soin et la membrane d'étanchéité doit être installée avec plus de soin et d'attention aux détails que lorsqu'il s'agit de la pose d'un pare-vapeur ordinaire. Une des différences principales entre la pose d'un pare-vapeur ordinaire et une membrane d'étanchéité est que la première peut ordinairement s'exécuter en une seule opération, tandis que la seconde exige souvent des travaux préparatoires à diverses étapes de la construction. Dans certains cas, on peut éviter beaucoup de travaux préparatoires si les plans sont faits avec soin ou en modifiant les techniques de construction.

La membrane d'étanchéité ne constitue pas en elle-même une enveloppe complètement étanche puisqu'elle doit être interrompue autour des portes, des fenêtres, des cheminées, des ouvertures d'évent, et ainsi de suite. Donc, en procédant à une telle installation, il faut porter une attention particulière aux problèmes d'infiltration causés par ces ouvertures, car les soins ainsi apportés constituent une partie essentielle de l'installation d'une membrane d'étanchéité. Les portes et les fenêtres présentent des problèmes évidents. Si leur taux d'infiltration doit correspondre à celui du reste de la maison, elles doivent être très bien scellées. Cela nécessite souvent le choix d'une porte ou d'une fenêtre de plus haute qualité, avec coût assorti. La même chose s'applique aux registres des évents et des cheminées de foyer.

## 4.1 Le but réel des membranes d'étanchéité

Ce but n'a jamais été exprimé clairement et n'est parfois pas bien compris par plusieurs de ses détracteurs. On pense généralement que le but est de rendre la maison étanche par rapport à son environnement. Cela n'est que partiellement vrai.

**L'installation d'une membrane d'étanchéité est un préalable essentiel au contrôle de la circulation de l'air ambiant dans une maison, avec une consommation minimum d'énergie. Il s'agit donc d'un moyen destiné à atteindre une fin et non d'une fin en soi.**

## 4.2 Aération

L'aération d'une maison suppose deux processus: la ventilation et la distribution. La ventilation consiste à faire sortir l'air vicié de la maison et à le remplacer par de l'air frais. Elle vise à maintenir une qualité suffisante d'air dans la maison. La distribution consiste à faire circuler l'air frais dans toutes les parties de la maison.

Lorsqu'une maison est dotée d'une membrane d'étanchéité, on ne peut plus compter sur les infiltrations et les fuites d'air pour sa ventilation et il faut alors la doter d'un système de ventilation. Le système de ventilation le plus courant consiste en deux ouvertures dans l'enveloppe de la maison. L'air vicié est expulsé par une ouverture grâce à un ventilateur et l'air frais est aspiré par une autre ouverture grâce à un autre ventilateur. A noter que si un tel système était installé dans une maison non pourvue d'une membrane d'étanchéité, il pourrait être incompatible avec les déplacements d'air causés par les infiltrations et les fuites et aggraver certains, des problèmes mentionnés antérieurement. L'installation d'une membrane d'étanchéité rend la ventilation régularisée non seulement nécessaire, mais aussi possible.

Lorsque tout l'air vicié de la maison est expulsé par un évent et que tout l'air frais est aspiré par un autre, l'utilisation d'un échangeur de chaleur dans le système de ventilation devient possible. L'échangeur de chaleur est un dispositif qui extrait la chaleur de l'air expulsé et qui la transfère à l'air frais aspiré, ce qui réduit par le fait même les pertes de chaleur par la ventilation. Dans les quelques modèles d'échangeurs de chaleur actuellement sur le marché, de 60 à 70 pour cent de la chaleur est récupérée.

Dans un système de ventilation typique, l'air vicié est extrait des endroits humides et odorants de la maison, soit la cuisine, les salles de bain et la salle de lessive, et est expulsé en passant par l'échangeur de chaleur. L'air frais est aspiré en passant également par l'échangeur de chaleur où il recueille la chaleur de l'air expulsé sans se souiller et il est transmis dans le conduit de retour d'air du système de distribution de l'air.

Le système de distribution ne nécessite aucune caractéristique particulière; un système de chauffage à air chaud et son réseau de distribution de la chaleur sont généralement suffisants. Mais il faut penser aux besoins particuliers des maisons à haut rendement énergétique en ce qui a trait à la circulation de l'air. Comme ces maisons sont très étanches, il n'y a pas d'infiltrations pouvant déclencher la circulation de l'air. En outre, comme les murs sont bien isolés et que les fenêtres sont de meilleure qualité, il n'y a pas de différences de température aussi prononcées que dans une maison classique et il n'y a pas autant de circulation d'air par convection thermique. Ces maisons bénéficient généralement de la chaleur solaire grâce à des fenêtres orientées vers le sud. Quand la maison est à aires ouvertes, cette chaleur solaire peut produire une circulation utile grâce à la convection thermique. Mais lorsque la maison est divisée en petites pièces fermées, l'air doit circuler davantage afin de diffuser la chaleur solaire partout dans la maison.

A l'heure actuelle, le taux de ventilation est la question principale à considérer en ce qui a trait à l'aération. Depuis qu'on construit récemment des maisons et des immeubles commerciaux étanches, on porte plus attention aux besoins de ventilation et certains problèmes ont été soulevés. *Dans une situation idéale, le taux de ventilation doit être assez bas pour minimiser les pertes de chaleur, mais assez élevé pour produire une atmosphère acceptable et saine dans la maison.* Un bon système de ventilation doit permettre de régulariser le niveau d'oxygène, le niveau d'humidité, les odeurs et les agents polluants. Le comportement des trois premiers éléments est généralement bien connu et il n'est pas difficile d'établir le degré nécessaire de ventilation pour les régulariser. Il existe cependant encore plusieurs facteurs inconnus touchant les niveaux admissibles de polluants dans l'air de la maison. Certains de ces polluants proviennent des nouveaux matériaux employés maintenant dans la fabrication des meubles, des couvre-planchers et des tissus, et d'autres proviennent des produits nettoyants, des aérosols et d'autres produits chimiques employés couramment dans la plupart des maisons, sans parler des nombreux produits chimiques (peut-être plus nocifs) qui se dégagent du tabac.

On s'est récemment interrogé sur l'accumulation de radon dans les bâtiments très étanches. Le radon est un gaz engendré par de petites quantités de matériaux radioactifs. Il est produit en particulier dans le sol autour de la maison et il peut pénétrer dans la maison par le drain agricole ou le drain de plancher, par des fentes dans la fondation en béton et même par diffusion à travers le béton. Il est aussi produit par des éléments qui se trouvent en quantité infime dans le béton, les panneaux de plâtre et d'autres matériaux. Même si le radon est cancérigène, sa concentration dans une *maison peu étanche* n'est probablement pas assez élevée pour constituer un risque important pour la santé. Ceux que préoccupe l'accumulation de radon dans une *maison étanche* ont plutôt sous-estimé les avantages d'un tel genre de construction: l'étanchéité réduit l'infiltration de radon dans la maison de la même façon qu'elle réduit le déplacement d'air ou de vapeur d'eau.

# 4.0 Les membranes d'étanchéité

Deux facteurs principaux déterminent la concentration de radon dans une maison: le premier est le taux d'infiltration du radon dans la maison et le deuxième est le taux d'expulsion par le changement d'air. Dans une maison très étanche, dotée d'un bon système de ventilation, le taux de changement d'air est probablement de la moitié au quart du taux de changement dans une maison peu étanche. De même, le taux d'infiltration du radon est beaucoup plus bas dans la maison étanche que dans l'autre maison. On estime qu'il devrait être au moins dix fois plus bas. Par conséquent, d'après ces chiffres, il devrait y avoir moins de concentrations de radon dans une maison étanche et bien ventilée que dans une maison peu étanche, tous autres facteurs étant égaux. Des tests visant à dépister les émanations de radon ont été menés dans les maisons expérimentales construites à Saskatoon en décembre 1980. Les résultats* ont montré que si le système de ventilation fonctionne normalement, le niveau de radon dans chaque maison est bien inférieur à la limite de sécurité établie par les normes de santé des États-Unis.

Il faudra encore quelques années de recherche avant qu'on puisse établir les degrés nécessaires de ventilation. Dans l'intervalle, il est raisonnable de tenir compte des risques inconnus découlant de l'usage de nouveaux produits chimiques et de prévoir plus que moins de ventilation. Un taux de changement d'air de 0.5 cah (environ 0.06 $m^3$/s dans une maison de dimensions ordinaires) paraît acceptable à un certain nombre de spécialistes de L'accumulation d'agents polluants. Ce chiffre est quelque peu supérieur aux taux de 0.02 à 0.03 $m^3$/s qui étaient prescrits dans le passé, mais les coûts supplémentaires ne sont pas excessifs si l'on veut prévenir les effets possibles d'une accumulation. La perte calorifique causée par l'augmentation du taux de ventilation de 0.03 $^3$/s à 0.06 $m^3$/s n'est pas excessive, surtout si la plus grande partie de la chaleur est récupérée par un échangeur de chaleur.

### 4.3 Approvisionnement en air des appareils à combustion

Les quatorze maisons expérimentales construites en 1980 ont présenté un certain nombre de problèmes en ce qui touche l'approvisionnement en air des appareils à combustion dans une maison étanche. Le système de chauffage au mazout ou au gaz chauffe-eau au gaz et peut-être un poêle ou un foyer exigent tous de l'air de combustion et de tirage et il n'y a peut-être pas assez d'infiltration pour répondre à tous les besoins. Dans ces conditions, les divers appareils à combustion peuvent s'influencer les uns les autres et constituer un danger d'explosion.

Pour quantifier ce phénomène, prenons une des maisons expérimentales équipée d'une fournaise et d'un chauffe-eau fonctionnant au gaz naturel, fournissant 15 kWh et 10 kWh respectivement. Lorsque les deux fonctionnent en même temps, ils ont besoin ensemble d'environ 0.006 $m^3$/s. Mais, dans le cas de la maison à haute efficacité énergétique, le taux naturel d'infiltration d'air est de seulement 0.025 cah, soit environ 0.003 $m^3$/s. Le taux d'infiltration naturel n'est donc pas suffisant pour répondre aux besoins de combustion de la maison.

Bien sûr, on répondra immédiatement que le système de ventilation peut fournir tout l'air nécessaire, mais il y a deux objections à cet argument. La première n'est pas très sérieuse: si c'est le système de ventilation qui doit fournir l'air nécessaire à la combustion, il y aura un certain degré d'interaction entre le système et les appareils à combustion. Si le taux de ventilation est établi à environ 0.06 $m^3$/s, comme il a été mentionné plus tôt, les 0.006 $m^3$/s exigés par les systèmes à combustion n'auront pas beaucoup d'effet. Toutefois, si le taux de ventilation est fixé à un niveau plus bas, par exemple de 0.02 à 0.03 $m^3$/s, il pourrait y avoir une forte interaction et des conséquences imprévisibles. La deuxième objection est plus

* Besant, R.W. *Radon Gas Testing Report for Low Energy Houses*, Département du génie mécanique, Université de la Saskatchewan, janvier 1981.

importante du fait qu'il n'est pas recommandé d'obtenir l'air nécessaire à la combustion autrement que par réseau simple de conduits. Il est vraisemblable que, même lorsque les échangeurs de chaleur ne présenteront plus de problèmes, le risque d'obstruction par accumulation de givre existera toujours. Par conséquent, il ne faut pas compter sur le système de ventilation pour obtenir l'air nécessaire à la combustion et au tirage.

Durant la construction des maisons expérimentales à Saskatoon, la régie du gaz de la ville a examiné ce problème et en est venue à la conclusion que l'air fourni par ventilation n'est pas suffisant pour les besoins de la combustion.

La norme régissant l'approvisionnement en air des appareils à combustion dans les maisons étanches doit donc être celle de l'Association canadienne du gaz, Ccde des installations pour les appareils et équipements fonctionnant au gaz naturel, C.G.A. B-149.1-1976. L'alinéa 6.2.1, à la page 56 se lit ainsi:

**"Lorsqu'un ou plusieurs appareils sont situés dans un espace non renfermé, dans un bâtiment n'ayant pas suffisamment d'infiltration d'air, il faut amener un approvisionnement d'air de l'extérieur par une ou plusieurs ouvertures d'aération permanentes ayant une surface libre d'au moins 10 $cm^2$ pour chaque 2.25 kWh du débit calorifique total de tous les appareils."**

Dans l'exemple considéré ci-dessus, la capacité combinée de 25 kWh exige une ouverture d'au moins 10 $cm^2$ pour être conforme à la norme citée.

Dans la plupart des maisons expérimentales, les fournaises et les chauffe-eau sont installés dans une pièce étanche qui est approvisionnée en air de façon autonome. Les normes régissant l'approvisionnement en air dans ce cas sont trop longues pour être citées ici, mais on peut en prendre connaissance à l'article 6.3, à la page 56 du document mentionné ci-dessus.

Le but principal des pièces étanches réservées au chauffage dans ces maisons est d'améliorer le rendement saisonnier des appareils à combustion en leur faisant utiliser de l'air froid extérieur plutôt que l'air chaud de la maison. Dans une maison étanche, il est plus logique de procéder ainsi plutôt que d'installer les appareils à combustion dans un espace ouvert et de pratiquer une grande ouverture dans le pare-vapeur. Une telle pièce a aussi d'autres avantages:

a) En isolant la fournaise et le chauffe-eau du reste de la maison, on évite des interactions compliquées avec le système de ventilation, les poêles et les foyers.
b) Le taux d'infiltration est davantage réduit.
c) En installant le drain de plancher dans la pièce de chauffage, l'une des principales voies d'infiltration du radon est isolée des pièces habitables. Lorsque le drain de plancher est situé dans la pièce de chauffage, il est recommandé de ne pas poser de seuil sous la porte de la pièce afin de faciliter le drainage.
d) La maison est mieux protégée contre les défauts de fonctionnement des appareils à combustion.

Il est évident, d'après ce qui a été dit plus haut, que les poêles et les foyers doivent être dotés de leur propre source d'approvisionnement en air et qu'ils ne devraient pas dépendre du système de ventilation.

# 4.0 Les membranes d'étanchéité

### 4.4 L'étanchéité idéale

La Station régionale des Prairies du Conseil national de recherches a effectué des essais de pression dans les maisons expérimentales afin d'établir leur rendement par rapport à l'infiltration. Les résultats indiquent que douze des maisons ont des taux d'infiltration naturels inférieurs à 0.05 cah*. On se souviendra que, dans une maison ordinaire, le taux d'infiltration va de 0.2 à 1.5 cah.

Ces données montrent que le taux d'infiltration peut être considérablement réduit si l'installation d'une membrane d'étanchéité est bien exécutée. Par la même occasion, elles soulèvent certains doutes sur la possibilité de réaliser une telle installation. Est-il souhaitable d'atteindre un tel degré d'étanchéité quand l'on considère les coûts et les problèmes supplémentaires ainsi occasionnés en ce qui touche l'aération et les appareils à combustion? En principe, il n'y a aucun doute que l'installation d'une membrane d'étanchéité offre plusieurs avantages, comme mesure d'économie d'énergie, comme moyen de régulariser la ventilation, comme mesure de protection contre les dommages dus à l'humidité à cause des fuites d'air, et parce qu'il en résulte un confort accru dans la maison. Mais n'est-il pas possible d'obtenir les mêmes avantages avec un taux d'infiltration aussi élevé que 0.10 cah ou même 0.15 cah? Jusqu'à quel point peut-on céder sur la qualité de l'étanchéité et jusqu'où peut-on augmenter le taux d'infiltration avant que certains avantages ne commencent à disparaître? Il n'y a pas de réponses évidentes à ces questions à l'heure actuelle.

Les techniques d'installation des membranes d'étanchéité en sont encore à leurs débuts et il faudra encore beaucoup de recherches et d'essais avant qu'on puisse établir les normes idéales. Le but jusqu'à maintenant, sous la direction de la collectivité scientifique, a été d'explorer les limites de ce qui peut être accompli en pratique. Le groupe de maisons expérimentales construites à Saskatoon a servi d'une manière inestimable à cet égard. Si l'on considère certaines des réalisation qui ont été accomplies dans ces maisons, il apparaît que dans plusieurs cas, des mesures extrêmes ont été appliquées afin d'en arriver à une étanchéité parfaite à certains endroits de la maison où il est très difficile de le faire. D'autres mesures moins extraordinaires, à un coût beaucoup moindre, n'auraient pas procuré une étanchéité parfaite, mais presque. L'accent sur la haute qualité était justifié dans le cas de ces maisons, vu la nature expérimentale et éducative du projet. Les constructeurs en apprendraient beaucoup s'ils tentaient à leur premier essai de réaliser une installation parfaitement étanche. Cependant, le temps est maintenant venu d'être un peu moins strict en ce qui a trait à la qualité des membranes d'étanchéité, en vue particulièrement de faciliter les travaux et de réduire les coûts. Les meilleures techniques et l'étanchéité idéale ne seront découvertes qu'après quelques années d'expérience.

### 4.5 L'emplacement du pare-vapeur

Les normes et les codes du bâtiment actuels prescrivent que le pare-vapeur doit toujours être posé du côte chaud de l'isolant:

**Normes de construction résidentielle 1980, Article 26, alinéa E.1:**
**". . . les pare-vapeur doivent être mis en oeuvre contre la face intérieure de l'isolant. . . ".**

**Code national du bâtiment du Canada 1980, Partie 5, alinéa 5.2.1.1:**
**". . . on doit, pour empêcher [la] condensation, installer un pare-vapeur et un coupe-vent continu dans cet ensemble contre le matériau ayant la résistance thermique la plus élevée et du côté où la pression de vapeur est la plus grande."**

---

* Il n'y a pas de méthode sûre pour calculer le taux d'infiltration naturel à partir des données sur la pression. Le chiffre ci-dessus a été obtenu en appliquant un facteur de correction approximatif.

Il s'agit de s'assurer que le pare-vapeur est toujours posé du côté chaud de l'endroit du point de rosée, mais les normes sont rédigées de telle sorte qu'elles ne permettent pas que le pare-vapeur soit posé autrement, comme le rend possible de nouvelles conceptions de murs et de nouvelles techniques de construction.

Il existe maintenant des murs épais de conception complexe qui permettent d'accroître le degré d'isolation dans les murs extérieurs. Les modèles les plus connus sont le mur à ossature jumelée et le mur à fourrures. Dans les deux cas, il y a des avantages à poser la membrane d'étanchéité à une certaine distance dans le mur, avec de l'isolant à la fois du côté chaud et du côté froid. Il est essentiel dans ces cas que la membrane soit toujours placée du côté chaud de l'endroit du point de rosée. L'endroit exact peut-être déterminé par un simple calcul: en Saskatchewan, par exemple, l'isolant situé du côté extérieur par rapport à la membrane doit avoir deux fois plus de résistance thermique que celui qui est situé du côté intérieur. Le point de rosée se situera alors du côté froid de la membrane d'étanchéité, sauf pour quelques périodes de froid extrême en Saskatchewan. La même règle peut s'appliquer aux maisons construites dans un climat plus tempéré, mais il faudrait utiliser une autre règle pour des maisons situées dans un climat plus rigoureux.

En installant la membrane à une certaine distance à l'intérieur du mur, on vise principalement à en conserver l'étanchéité. Il y a moins de risques de dommages accidentels au cours de la construction et il y a assez de place pour faire passer les tuyaux et les fils du côté chaud de la membrane, ce qui élimine la nécessité de la percer pour poser les prises et les interrupteurs et d'autres installations. Dans le mur à ossature jumelée, le meilleur emplacement pour la membrane d'étanchéité est du côté extérieur de l'ossature intérieure. Dans le mur à fourrures, la meilleure place est le côté intérieur des poteaux verticaux, avant la pose des fourrures. Ces techniques permettent d'atteindre un haut degré d'étanchéité.

Ces nouvelles façons de poser la membrane d'étanchéité sont conformes aux principes régissant les normes actuelles du bâtiment, mais elles ne sont pas toujours en accord avec la lettre des normes. Vu les avantages de ces nouvelles techniques, on peut s'attendre à ce que les normes soient éventuellement modifiées afin de permettre une plus grande souplesse dans la pose des membranes d'étanchéité. En attendant, comme cela a été le cas pour les maisons expérimentales, les organismes chargés d'appliquer les normes les interpréteront probablement avec moins de rigueur.

Les solives de rive présentent des problèmes particuliers en ce qui a trait à la pose de la membrane d'étanchéité. Pour réaliser l'étanchéité, il est nécessaire de poser une bande préliminaire de matériau d'étanchéité à l'extérieur des solives de rive de sorte qu'on puisse ultérieurement la joindre aux membranes principales du mur au-dessus et au-dessous. Pour éviter que le point de rosée soit atteint à cet endroit, il est nécessaire de poser les solives en retrait de leur position normale, pour qu'on puisse poser de l'isolant à l'extérieur de la solive et de la membrane d'étanchéité. Ce problème présente un autre aspect lorsque les solives de rive sont posées au-dessus du mur d'un sous-sol. Lorsqu'on travaille à l'intérieur du sous-sol, il est ordinairement très facile de poser de l'isolant près des solives (entre les solives du plancher) et il est très tentant d'en mettre beaucoup. Il faut cependant résister à cette tentation car l'isolation peut alors être plus élevée du côté intérieur de la membrane d'étanchéité que du côté extérieur et ainsi, l'endroit du point de rosée se situera à l'intérieur de la membrane. La régle décrite ci-dessus s'applique aussi à la quantité d'isolant autour des solives de rive.

# 4.0 Les membranes d'étanchéité

### 4.6 Méthodes et normes d'essai

Il n'existe pas présentement de normes canadiennes sur l'étanchéité des maisons, mais il est probable que, d'ici quelques années, le Canada suivra l'exemple de pays tels que la Suède et établira des méthodes et des normes d'essai à cet égard.

Il est probable que les méthodes d'essai seront fondées sur la technique d'essai de pression. Cette technique a déjà été largement utilisée par la Station régionale des Prairies du Conseil national de recherches et les appareils sont en voie d'être mis au point au Manitoba en vue d'être mis sur le marché. Essentiellement, la technique consiste à installer un ventilateur à vitesse variable sur l'une des portes extérieures. Le ventilateur est installé de façon à aspirer l'air de la maison. Au bout d'un certain temps relativement court, un équilibre s'établit et l'air aspiré par le ventilateur compense l'air qui s'infiltre dans la maison. En mesurant la vitesse du passage de l'air à travers le ventilateur et la différence de pression qui s'est établie entre l'intérieur et l'extérieur de la maison, une estimation comparative du degré d'étanchéité de la maison peut être faite. Il est nécessaire d'insister sur la nature comparative de cet essai; il ne permet pas d'obtenir une bonne approximation des conditions existantes dans une maison ordinaire et il n'y a pas de moyen reconnu de déterminer le taux d'infiltration naturel à partir des résultats de l'essai. Mais c'est une méthode d'essai sûre et renouvelable qui peut mesurer l'étanchéité d'une maison par rapport à une "norme" quelconque.

La norme suédoise pour l'étanchéité exige qu'une maison ait un taux de changement d'air de moins de 3 cah lorsqu'elle est soumise à une pression différentielle de 50 Pascals*, mesurée selon la méthode décrite ci-dessus. Il est probable qu'une norme canadienne serait exprimée à peu près de la même façon, sauf que les chiffres pourraient être différents. La norme suédoise conviendrait peu en Saskatchewan puisque la maison moyenne atteint déjà à peu près cette norme.

### 4.7 Quelques observations générales sur des problèmes de conception

Les architectes peuvent jouer un rôle important en vue de simplifier l'installation d'une membrane d'étanchéité et de réduire leur coût. Ce genre d'installation est beaucoup plus facile si la maison est d'une simple forme rectangulaire. Dès que le plan de la maison comprend des éléments décoratifs, l'installation d'une membrane d'étanchéité devient plus compliquée et les coûts augmentent en conséquence.

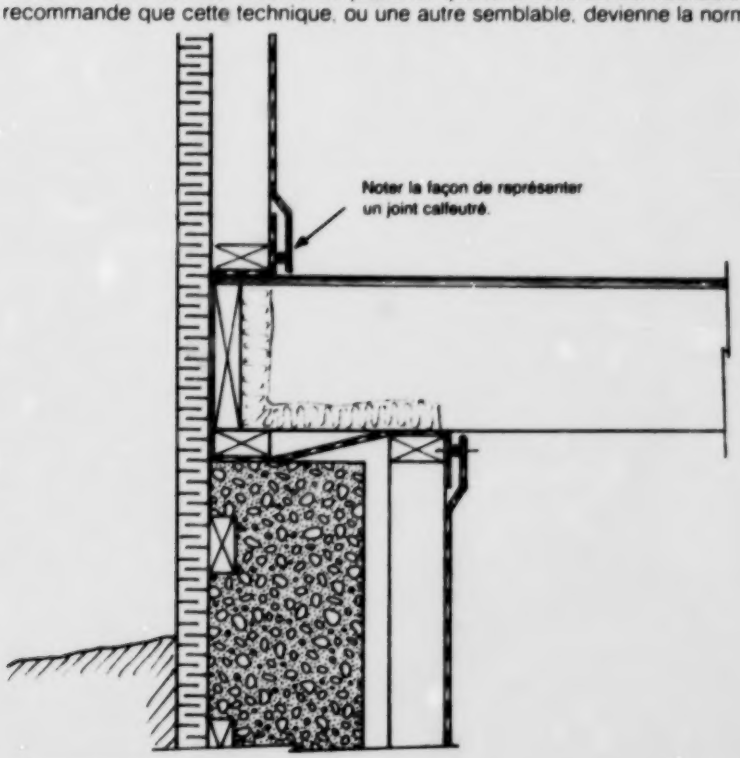
Des modèles différents de maison présentent des problèmes différents pour l'installateur. Après deux ou trois années d'expérience, il aura une bonne idée de la façon de résoudre les divers problèmes. Au cours de ces deux ou trois premières années, durant lesquelles l'installateur apprend les nouvelles techniques, il constatera que des plans clairs et détaillés sont d'une grande utilité. L'installation d'une membrane d'étanchéité renforcée nécessite beaucoup de travaux préliminaires à diverses étapes de la charpenterie et la quantité de travaux préliminaires augmente avec la complexité du plan de la maison. Ces travaux préliminaires sont très importants et, s'ils ne sont pas exécutés avec soin, ils peuvent rendre la membrane d'étanchéité complètement inutile. Au cours des travaux de charpenterie, il est parfois difficile de déterminer avec exactitude où la membrane d'étanchéité sera installée et où il faut faire les travaux préliminaires. Voilà pourquoi de bons plans sont utiles.

* 1 Pascal équivaut à une pression de 0.0025 kg/m ou à la pression exercée par 0.1 mm d'eau. 50 Pascals équivalent à la pression exercée par cinq millimètres.

En règle générale (jusqu'à ce que les installateurs sachent instinctivement ce qu'il y a à faire), les plans devraient indiquer tous les détails touchant l'installation de la membrane d'étanchéité. Ces détails ne seront pas utiles seulement à l'installateur, mais ils permettront aussi de simplifier le plan de l'installation, puisque l'architecte devra repérer les problèmes principaux au moment où il dessine les plans et trouver les solutions dès lors.

L'installation d'une membrane d'étanchéité exige une toute nouvelle façon d'envisager la préparation des plans d'une maison. Il ne suffit plus d'indiquer la coupe d'un mur et de préciser l'emplacement de la membrane d'étanchéité, parce que les problèmes réels d'installation ne se situent pas dans les murs ou les plafonds, mais plutôt dans les coins et aux points de rupture dans la structure. Les plans d'installation doivent donc donner des détails sur l'installation dans les coins, autour des solives de plancher, aux endroits où des structures à mi-étages se rencontrent, autour des éléments décoratifs, et ainsi de suite. Aussi, il peut souvent arriver qu'un détail particulier de l'installation dépende de la position du mur, des solives ou des fermes. En posant la membrane d'étanchéité autour d'une solive de rive, par exemple, le plan détaillé peut être différent selon que la solive est perpendiculaire ou parallèle aux solives de plancher. Dans ce cas, le plan doit tenir compte des deux situations.

En indiquant comment installer la membrane d'étanchéité, il importe non seulement de montrer où elle doit être posée, mais aussi selon quelle séquence elle doit l'être, où on doit la joindre et comment la joindre. Les constructeurs des maisons expérimentales ont mis au point diverses façons de donner ces indications. La meilleure façon, parce que c'est la plus simple à comprendre, est de dessiner un schéma détaillé à grande échelle. Le dessin ci-après est un exemple de cette technique et indique comment installer la membrane d'étanchéité autour d'une solive de plancher quand le sous-sol est habitable. On recommande que cette technique, ou une autre semblable, devienne la norme.



# Comment réaliser l'installation d'une membrane d'étanchéité

# 5.0 Choix des matériaux

## 5.1 La membrane d'étanchéité

On recommande des feuilles de polyéthylène. Il n'y a pas d'avantage technique marqué à utiliser une épaisseur plutôt qu'une autre et le choix de l'épaisseur devrait être fondé sur des facteurs relatifs à la construction. La feuille de 0.05 mm peut être trop facilement endommagée pendant l'installation et les autres travaux subséquents. La feuille de 0.10 mm est aussi un peu trop fragile. C'est la feuille de 0.15 mm qui est le meilleur choix.

## 5.2 Produits de calfeutrage

On n'a jamais fait d'essai approfondi de l'efficacité des produits de calfeutrage pour joindre deux feuilles de polyéthylène. Aussi, le Conseil de recherches de la Saskatchewan a-t-il fait des essais simples d'une grande variété de produits de calfeutrage et de scellement. Les essais permettaient de simuler les conditions réelles d'un joint calfeutré. Un cordon de composé de calfeutrage a été étendu entre deux feuilles de polyéthylène et les deux feuilles ont été pressées légèrement ensemble. Le joint a ensuite été examiné à divers intervalles sur une période d'un an afin d'en vérifier l'adhésion et la souplesse. Pendant tout ce temps, les échantillons étaient gardés à la température intérieure normale. A noter qu'il ne s'agit pas là d'une méthode d'essai reconnue officiellement; il s'agissait tout simplement d'avoir une bonne idée du meilleur produit de calfeutrage ou de scellement.

Les essais ont été faits pour 45 différents produits disponibles sur le marché, soit tous les produits qui étaient disponibles au détail ou en gros en 1979. De nouveaux produits ont été mis en marché depuis ce temps, mais on n'a pu en tenir compte.

Plusieurs des composés ont perdu leur adhésion ou sont devenus trop rigides au bout de seulement quelques mois. Onze ont conservé leur souplesse et leur adhésion pour six mois. Seulement trois ont résisté plus d'un an.

Voici les produits qui ont résisté jusqu'à six mois:
**DAP Butyl Flex**
**MACCO Guard House**
**MACCO Gutter tite**
**GRACE Hornseal**
**GIBSON-HOMANS Butyloid**
**PRC Acoustical Sealant**
**CHEMTRON Metaseal Acoustical**
**MIRACLE Adhesive SCS #21**

Les produits ci-après étaient encore satisfaisants après un an:
**TREMCO Butyl Sealant**
**TREMCO Acoustical Sealant**
**PRC Rubber Caulk #7000**

Les auteurs du présent guide estiment qu'il serait inopportun de reconnaître certains produits et de condamner les autres sur la foi des essais décrits ci-dessus. Il faut de toute évidence faire des essais reconnus des produits de calfeutrage et de scellement pour usage dans l'installation d'une membrane d'étanchéité. D'ici à ce que de tels essais aient lieu, les constructeurs peuvent fonder leur choix sur les renseignements donnés ci-dessus.

Dans le présent guide, les termes "scellement" et "calfeutrage" sont employés avec les acceptions suivantes: "scellement" s'applique à l'assemblage de deux matériaux de façon à former un joint étanche; "calfeutrage" signifie le remplissage de fentes ou d'ouvertures. Les mêmes produits peuvent servir aux deux opérations.

# 6.0 Guide général d'installation

**6.1** La membrane d'étanchéité doit être installée de telle sorte qu'elle constitue une enveloppe complètement scellée, sauf là où il y a des portes, des fenêtres, des évents et d'autres obstacles.

**6.2** La membrane d'étanchéité doit se terminer aux portes, fenêtres et autres obstacles selon les techniques détaillées exposées dans le présent guide.

**6.3** Tous les joints entre deux feuilles de polyéthylène doivent être appuyés sur une pièce de bois solide. Un cordon continu de composé de calfeutrage doit être étendu le long du joint entre les deux feuilles. Les deux feuilles doivent ensuite être pressées légèrement ensemble le long du cordon de calfeutrage et le joint doit ensuite être renforcé par des agrafes posées dans le bois le long de la ligne de calfeutrage. Il est important de noter que le composé de calfeutrage ne doit pas être considéré comme un adhésif; il ne faut pas compter sur ce produit pour retenir les deux feuilles de polyéthylène ensemble sans l'aide des agrafes.

**6.4** A leur point de rencontre, deux grandes feuilles de polyéthylène doivent se chevaucher sur une largeur d'au moins la distance entre deux poteaux ou deux fermes.

**6.5** Les joints doivent être agrafés à tous les 150 mm environ. Si la feuille de polyéthylène est très plissée au point de rencontre, il faut mettre plus de composé de calfeutrage et rapprocher les agrafes.

**6.6** En posant une feuille de polyéthylène dans un coin intérieur, il faut laisser au moins 150 mm de plus dans le coin, de façon à ce qu'elle ne soit pas étirée et endommagée au moment de la pose du revêtement mural.

**6.7** De façon générale, il est préférable d'utiliser plus que moins de produit de calfeutrage et de feuille de polyéthylène.

**6.8** Si on prévoit de grands vents au moment de la construction, tous les joints assemblés avec des agrafes et tous les points d'assemblage des feuilles de polyéthylène à l'ossature en bois devraient être renforcés par une bande de ruban adhésif solide fixé sur la feuille, sur la ligne de pose des agrafes. Une façon d'atténuer la pression du vent sur la membrane d'étanchéité consiste à ne pas installer une grande partie de la membrane du plafond, soit environ 10 mètres carrés, jusqu'à ce qu'on soit prêt à poser le revêtement mural.

**6.9** Si la feuille de polyéthylène risque d'être endommagée au cours de la construction, on devrait la protéger à l'aide de minces feuilles de contreplaqué ou des morceaux de panneaux. Le cas se présente du côté extérieur des solives de plancher où l'on peut protéger la feuille par un revêtement permanent de contreplaqué. Il arrive aussi, dans certains travaux préliminaires, qu'une bande de polyéthylène soit laissée au pied des murs, afin d'être assemblée ultérieurement à la membrane d'étanchéité du mur. Une bande protectrice temporaire d'un matériau devrait être placée sur cette membrane, surtout là où sont les portes extérieures.

**6.10** Une fois que l'installation de la membrane d'étanchéité est terminée, et avant de la recouvrir d'autres matériaux, il faut l'examiner soigneusement afin de voir si elle a été endommagée ou si certains joints sont mal faits. S'il y a de petits trous, on peut les réparer avec du ruban adhésif pour pare-vapeur; les grands trous ou les déchirures peuvent être réparés avec une grande pièce de polyéthylène qu'on calfeutrera afin que le joint soit bien scellé. Si c'est possible, les pièces devraient être assez grandes pour couvrir la partie endommagée et chevaucher une pièce de bois à proximité, pour que le joint puisse être renforcé avec des agrafes.

# 7.0 Fondations

Figure 1

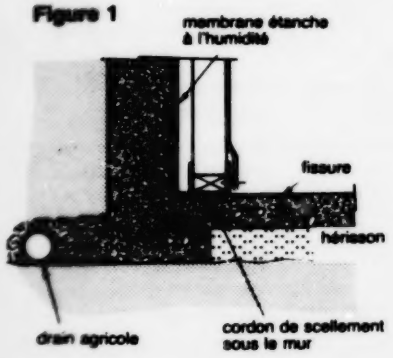
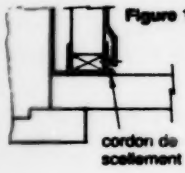



Figure 1a




La figure 1 montre la disposition près de la rigole d'une fondation en béton. Lorsque le sous-sol est fini avec des murs à ossature de bois, la lisse basse devrait être protégée contre l'humidité par une bande de pare-vapeur placée autour de la lisse basse, comme à la figure 1. Cette humidité peut provenir de la dalle de plancher ou elle peut se transformer en flaque d'eau après avoir coulé le long du mur intérieur de la fondation.

On peut prévenir les infiltrations d'air sous la lisse basse en appliquant un cordon de scellement sous la lisse, comme à la figure 1, ou le long du bord de la lisse, comme à la figure 1a. La deuxième manière est la plus facile et elle présente l'avantage de rendre les travaux visibles en vue de l'inspection.

Le pare-vapeur mural est assemblé au pare-vapeur autour de la lisse basse de la façon illustrée, avec un cordon de scellement et des agrafes.

**À noter que le pare-vapeur et la manière de le fixer seront illustrés de cette façon dans le présent guide. À noter également que, pour simplifier les illustrations, les éléments tels que les panneaux de revêtement, les panneaux de plâtre et l'isolant ne seront pas illustrés à moins qu'ils n'aient un rapport direct avec l'installation du pare-vapeur.**

La membrane étanche à l'humidité *n'est pas* un pare-vapeur. Son but est d'empêcher la pénétration d'humidité à travers le béton et dans la maison. Le matériau dont est constitué cette membrane doit permettre le déplacement de la vapeur d'eau mais non l'écoulement de l'eau comme telle. Les matériaux servant de pare-vapeur ne conviennent pas, mais il existe toute une gamme de matériaux étanches à l'humidité en feuilles, sous forme de produit à pulvériser ou de peinture. La membrane étanche à l'humidité doit couvrir le côté intérieur du mur de béton à partir de la rigole jusqu'à un point situé au niveau du sol à l'extérieur. Il est utile de prolonger la membrane d'environ 150 mm sur la dalle de plancher. L'extérieur du mur de fondation doit être imperméabilisé conformément à la Section 13 des Normes de construction résidentielle 1980.

Figure 2

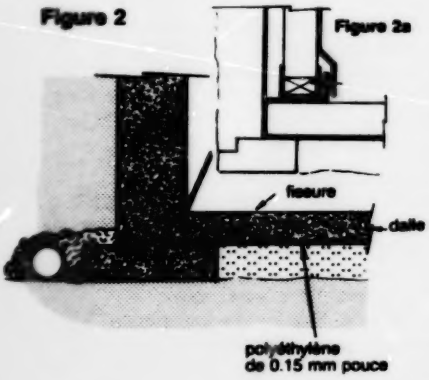


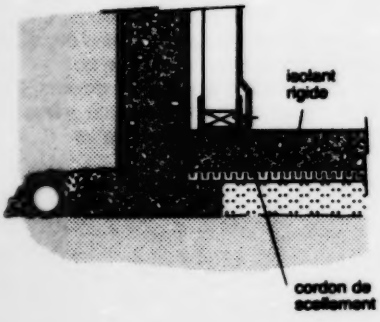

Figure 2a



L'air peut se déplacer assez facilement dans le sol et, par conséquent, les fissures dans la fondation de béton ou dans la dalle peuvent servir de passages à l'air. Elles peuvent aussi permettre l'infiltration de radon, lequel est produit par des matériaux radioactifs naturels dans le sol. Il n'est pas habituel d'installer un pare-vapeur sous la dalle dans un sous-sol en béton, mais cela peut devenir la norme, surtout en vue de réduire les infiltrations de radon. La figure 2 montre comment installer un pare-vapeur sous la dalle et la figure 2a montre comment le joindre au pare-vapeur du mur à une étape ultérieure.

Le même résultat, bien que moins bon, peut être obtenu par l'installation sous la dalle d'une feuille d'isolation rigide à basse perméance, comme à la figure 3. Cette méthode a aussi l'avantage de réduire les pertes de chaleur par la dalle.

Figure 3




Il se pourrait que les installations illustrées aux figures 2 et 3 affaiblissent la dalle en privant le béton de l'humidité du sol. Cet effet n'a pas été étudié de façon approfondie. On devrait consulter la Note sur les méthodes de construction du Conseil national de recherches ISSN 0701-5216 N° 8, par R.G. Turenne. Ce document recommande que le rapport eau-ciment soit gardé le plus bas possible, tout en gardant le mélange malléable, et que les méthodes recommandées de cure du béton soient suivies. Certains spécialistes ne sont toutefois pas d'accord avec la Note de Turenne.

### 7.1 Vide sanitaire non chauffé

La figure 4 illustre une installation typique dans un vide sanitaire non chauffé avec fondation en béton. La membrane étanche à l'humidité empêche l'accumulation d'humidité dans le vide sanitaire, ce qui pourrait causer la détérioration de la structure. Le vide sanitaire doit être ventilé en conformité des Normes de construction résidentielle 1980, Section 180.

**Figure 4**

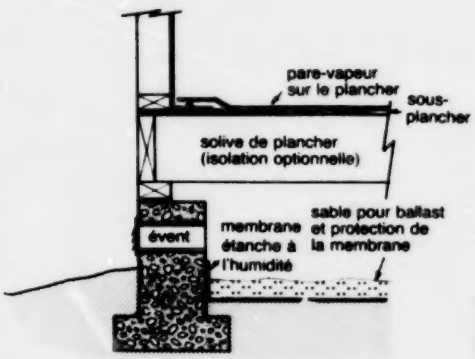



**Figure 5**

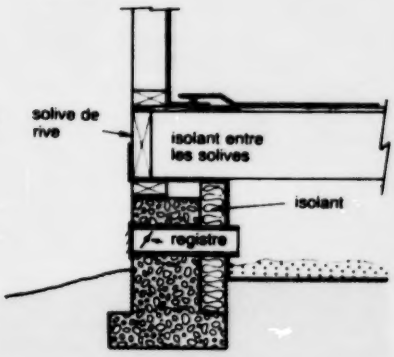



**Figure 6**

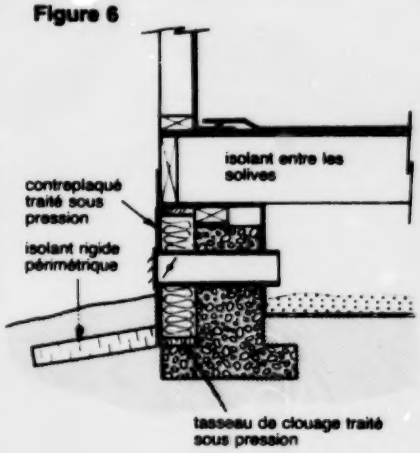



**Figure 7**

La figure 5 illustre une installation améliorée pour une maison à haut rendement énergétique. De l'isolant est posé contre le mur de fondation afin de réduire les pertes de chaleur et la membrane étanche à l'humidité est prolongée jusqu'à la solive de rive afin de réduire les infiltrations d'air dans le vide sanitaire. L'évent devrait être muni d'un registre ou d'un autre dispositif permettant de le fermer en hiver et de l'ouvrir en été.

La technique d'isolation illustrée à la figure 5 n'est pas très bonne car elle isole le mur de fondation de la chaleur de la maison et expose le béton à des températures rigoureuses. La figure 6 montre une installation améliorée par laquelle l'isolant est posé à l'extérieur de la fondation. Cet isolant périmétrique protège davantage le béton et aide à réduire les pertes de chaleur de la maison.

La figure 7 illustre un moyen pratique de supporter l'isolant de plancher au-dessus du vide sanitaire. De cette façon, l'isolant peut être posé par le dessus.

### 7.2 Dalle indépendante et fondation

La figure 8 montre une façon acceptable de rendre étanche une fondation en béton avec une dalle indépendante appuyée sur hérisson. Un cordon continu de scellement est appliqué au point de rencontre extérieur de l'ossature de bois et du béton. L'isolant rigide réduit les pertes calorifiques au périmètre de la dalle. De cette façon, il n'y a pas moyen de rassembler le pare-vapeur de la dalle à celui du mur et il y aura des infiltrations (d'air ou de radon) dans l'espace entre les deux.

La figure 9 illustre une meilleure technique. Noter que les deux pare-vapeur sont bien assemblés contre la lisse basse de l'ossature de bois. Le cordon de scellement peut toujours être appliqué à l'extérieur de l'ossature, mais il n'est pas vraiment nécessaire.

**Figure 8**

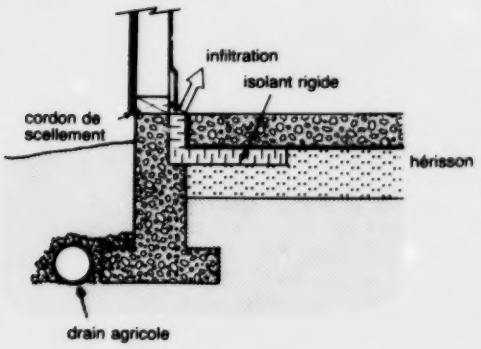
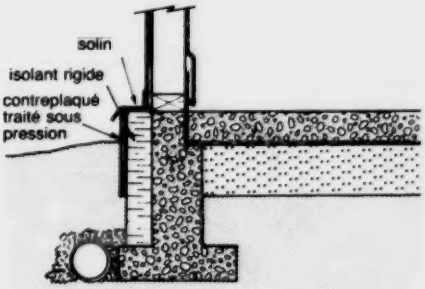



**Figure 9**




### 7.3 Dalle et fondation combinées

La figure 10 illustre la façon de traiter une dalle et fondation combinées, la dalle s'appuyant sur hérisson. L'infiltration d'air au point de rencontre de l'ossature de bois et du béton est empêchée par un cordon de scellement dont l'efficacité peut être détruite s'il y a des fuites dans le béton.

On peut améliorer l'étanchéité à l'air tout simplement en prolongeant le pare-vapeur sous la dalle jusqu'à l'endroit où il peut être joint au pare-vapeur du mur, comme l'indique la figure 11.

**Figure 10**

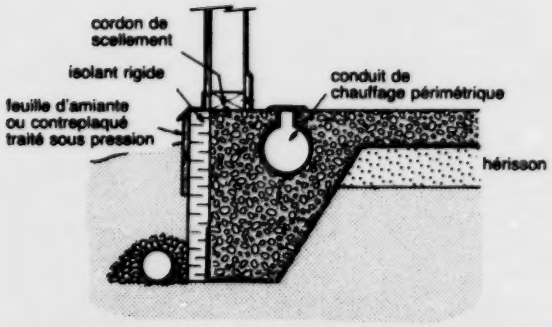
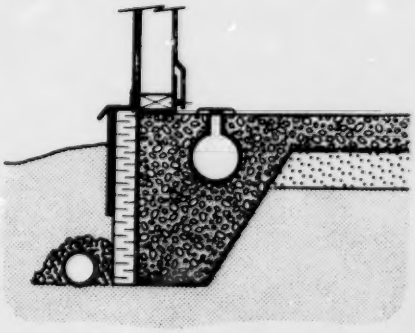



**Figure 11**



## 7.4 Fondation en bois traité sous pression

La figure 12 montre une fondation en bois traité sous pression avec une dalle en béton. La figure 13 illustre comment les deux pare-vapeur se rencontrent. Noter que la planche de nivellement sert à combler l'espace entre les deux pare-vapeur. C'est qu'il n'y a pas d'appui continu en bois, dans une position accessible, au pied du mur. En outre, le bord exposé du pare-vapeur de la dalle peut facilement être endommagé lorsque la dalle est coulée et aplanie.

Avant de couler la dalle, il faut agrafer le pare-vapeur, sans trop serrer, à la fondation en bois, en laissant beaucoup de jeu dans les coins. On applique ensuite un cordon continu de scellement le long du bord vertical du pare-vapeur et la planche de nivellement est clouée à travers ce cordon. Plus tard, le pare-vapeur du mur peut être joint et agrafé à la planche de nivellement.

**Mise en garde**

Avant de procéder à ce genre d'installation, les constructeurs devraient connaître à fond les méthodes à suivre pour ériger des fondations en bois traité sous pression, ainsi que tous les problèmes et exigences propres à la localité où les travaux sont effectués. Il faudrait prendre connaissance des renseignements publiés par le Conseil canadien du bois.

**Figure 12**

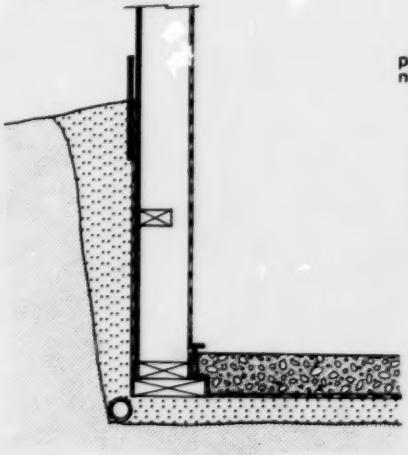
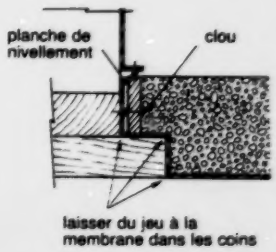


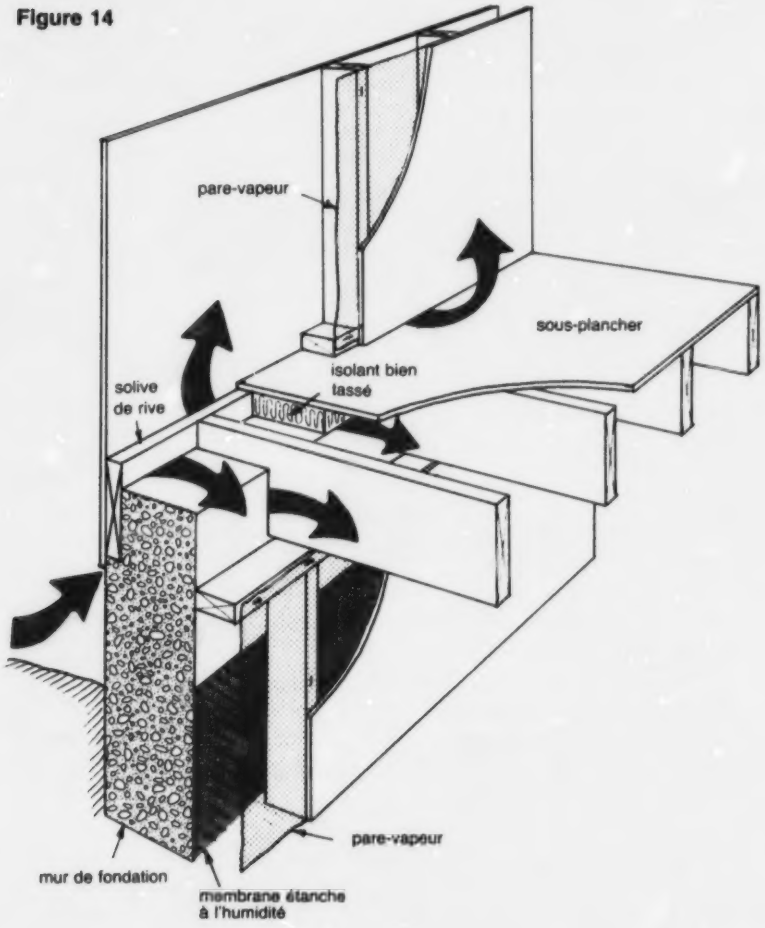
**Figure 13**



# 8.0 Installation autour des solives de rive

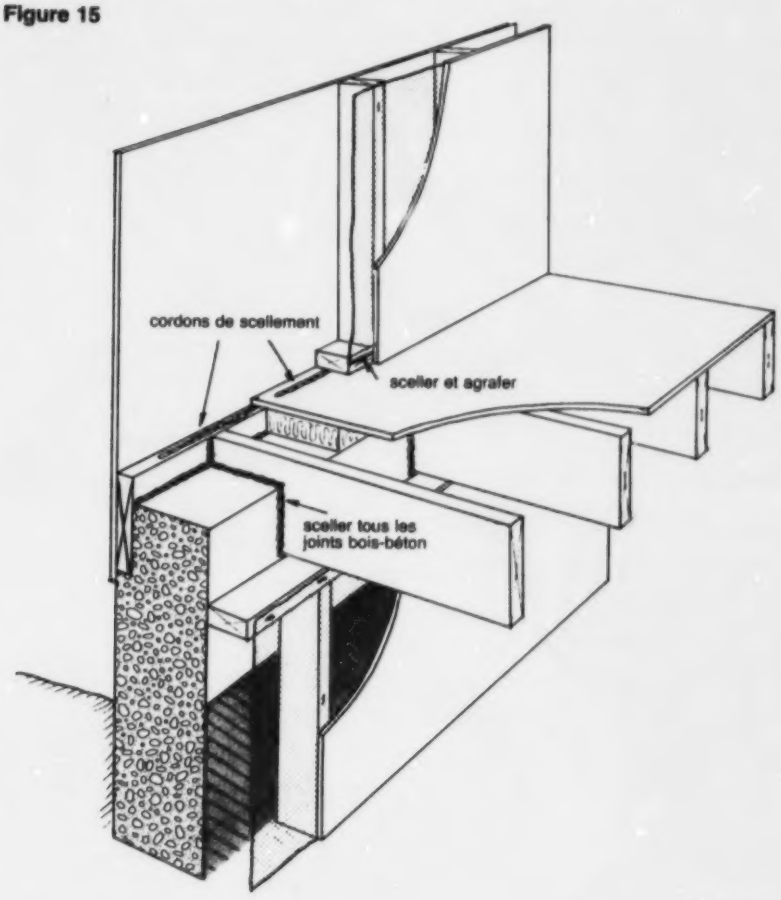
La figure 14 est un dessin détaillé typique illustrant une ossature à plate-forme assemblée à une fondation en béton. Ce genre de construction, avec les solives de plancher et de rive ancrées dans le béton, est relativement courant. Les infiltrations d'air, indiquées par les grosses flèches, sont dues partiellement aux brèches dans la structure et partiellement aux ouvertures dans le pare-vapeur à ces endroits. Dans certaines maisons, on met beaucoup d'isolant au-dessus du mur de fondation. On vise surtout à empêcher les infiltrations d'air, mais l'efficacité de cette mesure est douteuse. En général, cette partie de la structure tient lieu d'environ 10 à 20 pour cent des infiltrations totales d'air dans la maison, selon les particularités de construction de chacune. Par exemple, si l'extérieur est enduit de stuc, les infiltrations d'air à la solive de rive peuvent être considérablement réduites.

**Figure 14**



La figure 15 illustre comment on peut rendre la structure étanche à l'air. Si le travail est bien fait, les infiltrations d'air peuvent être réduites à un niveau négligeable à cet endroit. Cependant, une telle installation ne produit pas un bon effet de pare-vapeur. Il y aura probablement accumulation de givre à la solive de rive et sur le dessus de la fondation en béton, vu qu'il n'y a pas de circulation d'air pour entraîner la vapeur d'eau. Cette technique augmente le rendement thermique de la maison, mais elle crée des risques de détérioration de la structure.

**Figure 15**



# 8.0 Installation autour des solives de rive

Les figures 16 et 17 illustrent deux façons d'améliorer cette situation. La première consiste à poser de l'isolant en nattes à endos de papier kraft de façon à avoir un pare-vapeur continu. Pour que cette méthode réussisse, l'élément pare-vapeur de la natte doit être scellé au sous-plancher, à l'ossature de bois du sous-sol et aux côtés des solives de plancher, comme le montre l'illustration. La deuxième façon consiste à poser un panneau d'isolant rigide à basse perméabilité (tel que le "Styrofoam SM"). Cet isolant doit être calfeutré et scellé, comme le montre la figure 17. On voit aussi comment terminer le pare-vapeur su le plancher du dessus.

Les deux méthodes exigent beaucoup de temps et de soins pour donner des résultats satisfaisants. Pour cette raison, elles ne sont probablement pas rentables dans la construction de maisons destinées à la vente. En outre, en bloquant l'approvisionnement en air chaud qui circulerait normalement près des solives de rive dans un sous-sol non fini, ce genre d'installation peut produire des points froids aux endroits indiqués. Cette solution est peut-être la meilleure à adopter quand il s'agit de prendre des mesures d'économie d'énergie dans une maison déjà construite, mais elle n'est pas recommandée pour les constructions neuves.

**Figure 16**

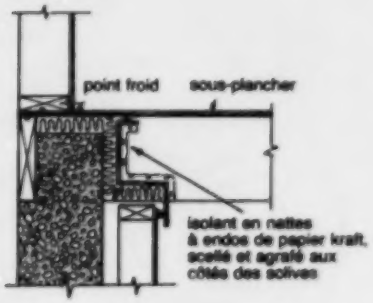
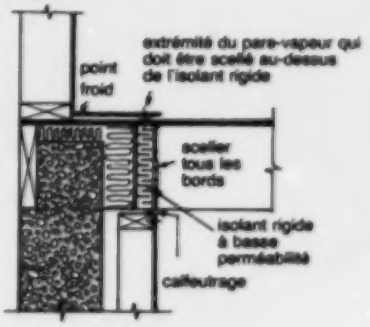



**Figure 17**



La meilleure technique dans ce genre de construction est illustrée à la figure 18. Il y a trois principales particularités: d'abord, les solives sont soulevées au-dessus du béton afin de permettre le passage d'une bande de pare-vapeur autour de la solive de rive; ensuite, la solive de rive est placée en retrait de la ligne du mur de fondation afin de permettre la pose d'isolant à l'extérieur de ce pare-vapeur; enfin, le pare-vapeur passe en-dessous de la lisse basse afin de ne pas être endommagé lorsque les solives de plancher seront installées. Le pare-vapeur peut encore subir des avaries en étant pressé contre la surface supérieure du mur de fondation; on peut prévenir ce risque en posant une bande de feutre sous le pare-vapeur.

L'isolant rigide à l'extérieur de la solive de rive devrait idéalement avoir de 25 à 50 mm d'épaisseur. S'il a moins de 25 mm, il n'isolera pas beaucoup. S'il a plus de 50 mm, il y aura là un point faible pour la pose du revêtement et du parement. On *peut* utiliser une plus forte épaisseur mais, afin d'avoir l'appui nécessaire pour la pose du revêtement et du parement, l'isolant doit être entrecoupé de cales verticales clouées à la solive de rive, comme le montre la figure 18a. Ces cales doivent être posées à la même distance que les potaux muraux au-dessus.

**Figure 18**

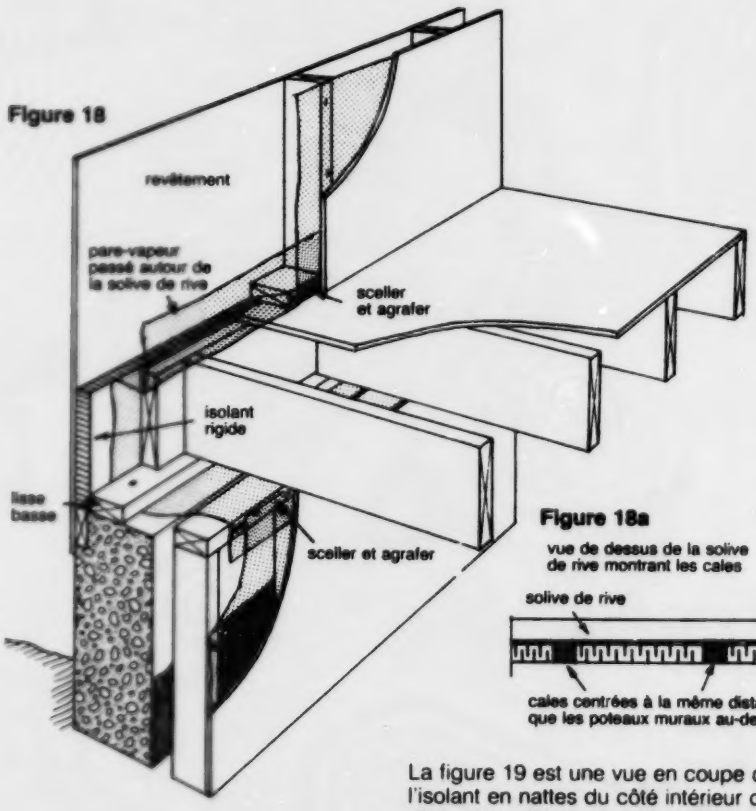



**Figure 18a**

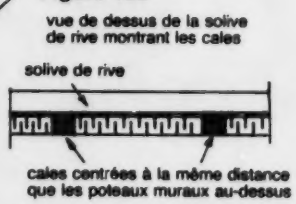
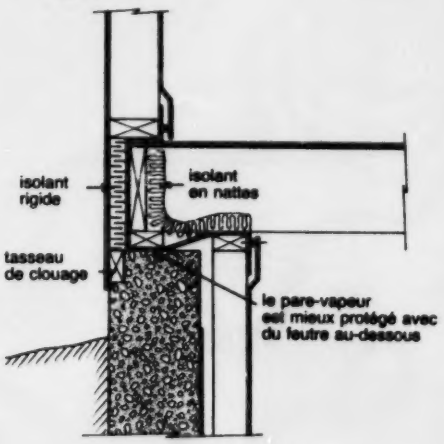



**Figure 19**




La figure 19 est une vue en coupe de la même installation et elle montre aussi l'isolant en nattes du côté intérieur de la solive de rive. Comme il y a beaucoup d'espace entre les solives de plancher à cet endroit, il est tentant de remplir entièrement l'espace avec de l'isolant. *Cela est à éviter*. La quantité d'isolant en nattes à cet endroit dépend de la quantité située du côté extérieur de la solive de rive. La résistance thermique de l'isolant intérieur ne doit pas être plus de la moitié de celle de l'isolant extérieur (voir la section précédente traitant de l'emplacement du pare-vapeur, Section I, page 28).

# 8.0 Installation autour des solives de rive

**Figure 20**

**Figure 21**

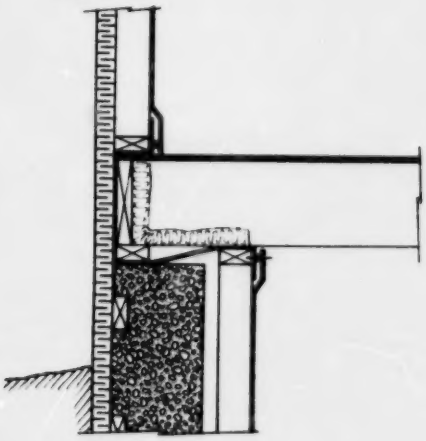
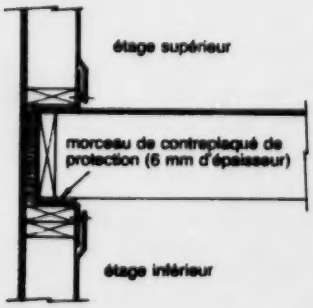


**Figure 26**




## 8.1 Problème de la lisse basse

La figure 20 montre une autre façon légèrement améliorée de poser le pare-vapeur. A noter que, comme l'isolant rigide se termine au haut du mur de fondation, la lisse basse peut être exposée à des températures froides à cause des pertes de chaleur à travers le béton. Il peut donc se produire de la condensation autour de la lisse basse. La solution consiste à poser la lisse basse à l'extérieur du pare-vapeur, comme l'indique l'illustration.

Dans une maison à ossature de bois de deux étages, le pare-vapeur passe de l'étage inférieur à l'étage supérieur comme l'indique la figure 26. A noter que dans ce cas, le pare-vapeur est protégé par un morceau de contreplaqué plutôt que par une lisse basse de 38 mm par 89 mm.

Dans la figure 21, où l'isolant est continu le long du mur extérieur, il n'est pas nécessaire de poser la lisse basse à l'extérieur du pare-vapeur et il y a une économie marginale à faire passer le pare-vapeur sous la lisse basse.

Les mêmes observations générales et la même technique s'appliquent aux fondations en bois traité sous pression. La figure 22 illustre les points d'infiltration d'air dans une construction ordinaire. La figure 23 montre une solive de rive

**Figure 22**

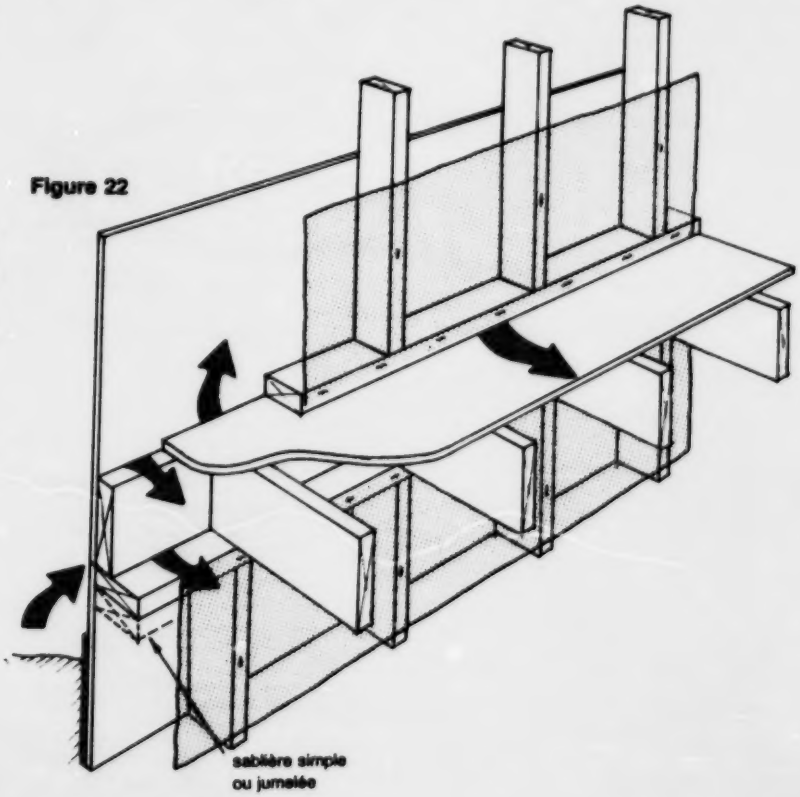
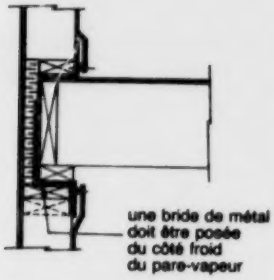


**Figure 24**




posée en retrait, le pare-vapeur en faisant le tour. On trouve essentiellement le même plan, avec un genre différent de revêtement, à la figure 24. A noter que l'emploi d'une lisse basse faite de pièces de bois de 38 mm par 89 mm dans le mur supérieur permet une meilleure isolation à cet endroit.

La figure 25 illustre une autre variante. Dans ce cas, comme l'isolant est beaucoup plus épais à la solive de rive, il est recommandé de poser un appui pour le clouage du parement. La pose de cales comme à la figure 18a est une bonne méthode, de même qu'une bande de contreplaqué entre les deux couches d'isolant.

**Figure 25**

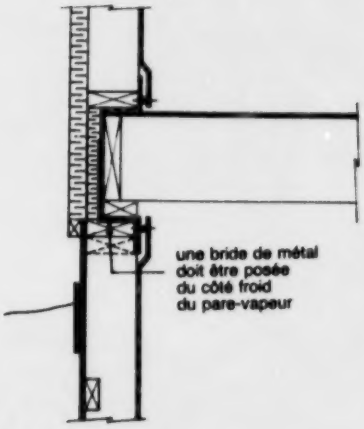
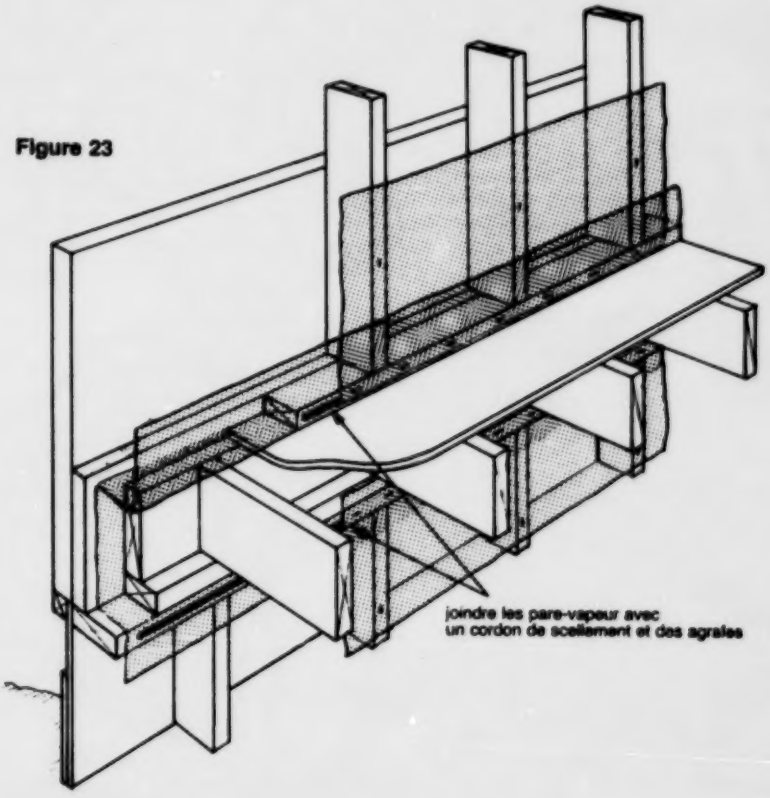



**Figure 23**



# 9.0 Poutres de soutien

**Figure 27**

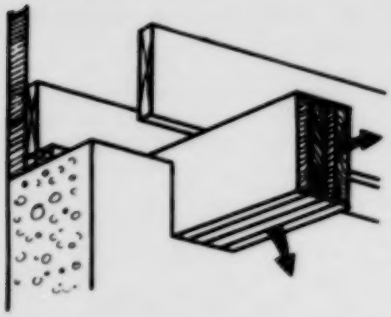
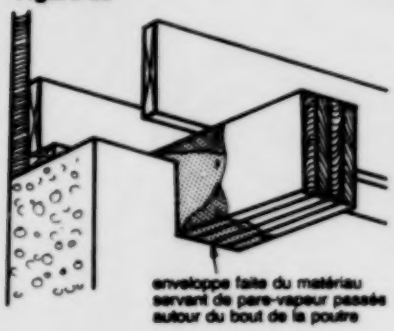


**Figure 28**



enveloppe faite du matériau servant de pare-vapeur passée autour du bout de la poutre

La poutre de soutien est une source d'infiltration d'air. L'air peut pénétrer entre les joints au bout de la poutre et s'infiltrer le long de la poutre, évitant ainsi toute installation étanche. Voir la figure 27 à cet égard.

Une solution est présentée à la figure 28. Chacun des bouts de la poutre est enveloppé avec le matériau servant de pare-vapeur avant que la poutre ne soit ancrée au béton. Cette technique n'est pas bonne parce que le pare-vapeur peut être endommagé pendant la pose du béton.

Une meilleure solution est de sceller les joints aux bouts de la poutre, comme on le voit à la figure 29. Le scellement doit s'étendre sur une distance d'au moins un demi-mètre le long de la poutre.

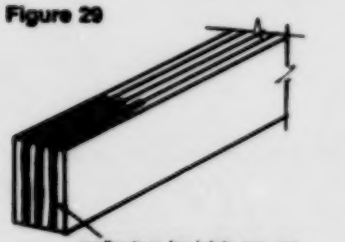
Si cette technique n'est pas appliquée au cours de la construction, la figure 30 illustre une façon de corriger cette lacune. Un trou de 6 mm est percé verticalement dans la poutre à chaque joint et du composé de scellement est posé sous pression dans ces trous. Finalement, le composé est étendu le long des joints jusqu'au béton.

La figure 31 montre comment fixer le pare-vapeur de la solive de rive à la poutre de soutien. Noter comment la poutre s'appuie contre la lisse basse; ainsi, il n'est pas nécessaire de plier ou de tailler de façon particulière le pare-vapeur à cet endroit.

L'étape suivante consiste à tailler le pare-vapeur le long du bord de la poutre et à le rabattre sur l'ossature murale du sous-sol, comme le montre la figure 32. Noter qu'une fois que l'ossature est dans cette position, il peut être difficile d'avoir accès à la solive de rive à cet endroit. Il est donc recommandé de poser l'isolant du côté intérieur de la solive de rive avant de monter l'ossature murale.

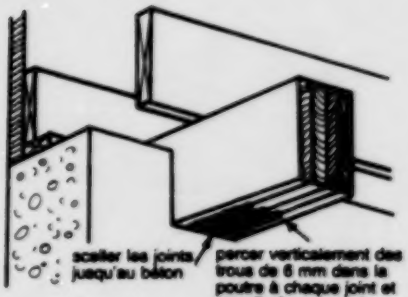
Finalement, après que les murs du sous-sol ont été isolés, le pare-vapeur mural est scellé et agrafé autour de la poutre de soutien, comme à la figure 33.

**Figure 29**



sceller tous les joints sur une distance d'au moins un demi-mètre

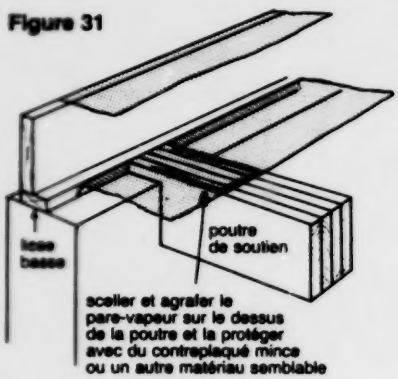
**Figure 30**



sceller les joints jusqu'au béton

percer verticalement des trous de 6 mm dans la poutre à chaque joint et remplir de composé de scellement

**Figure 31**



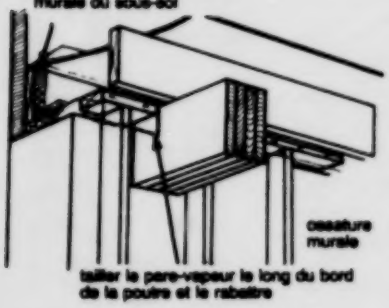
lisse basse

poutre de soutien

sceller et agrafer le pare-vapeur sur le dessus de la poutre et la protéger avec du contreplaqué mince ou un autre matériau semblable

**Figure 32**

poser l'isolant de la solive de rive avant de monter l'ossature murale du sous-sol



ossature murale

tailler le pare-vapeur le long du bord de la poutre et le rabattre

**Figure 33**

cordon de scellement

sceller et agrafer

le tasseau de clouage du revêtement mural autour de la poutre de soutien a été omis pour fin de clarté

# 10.0 Cloisons

## 10.1 Le problème

Il y a des avantages évidents à planifier la construction d'une maison de façon à ce que toute l'ossature soit exécutée en une seule opération. Cela signifie que les cloisons sont installées tôt au cours de la construction. Plus tard, quand le pare-vapeur est installé, il doit contourner les diverses cloisons. Il peut en résulter certains passages pour l'infiltration d'air, comme le montre la figure 34.

Cette figure montre un genre de construction qui a été adopté récemment dans certains secteurs de l'industrie du bâtiment. Une bande de pare-vapeur est insérée entre les deux pièces de la sablière jumelée de la cloison, de sorte que le pare-vapeur soit continu tout au long de la partie supérieure du mur. Mais, parce que le pare-vapeur du plafond n'est pas scellé à cette bande, il existe un passage d'air au joint du pare-vapeur. Ce procédé n'est pas beaucoup mieux que la technique décrite plus tôt, où il n'y a pas de bande de pare-vapeur entre les pièces de la sablière jumelée.

## 10.2 Une solution intermédiaire

La figure 35 montre une cloison avec une sablière unique, tel que le préconisent certains constructeurs. Cette technique peut toutefois être appliquée aussi à la sablière jumelée. Elle consiste à sceller et à agrafer le pare-vapeur du plafond aux côtés de la sablière et à calfeutrer tous les trous pour la filerie. Il peut encore y avoir des infiltrations d'air par des fissures et les trous causés par les noeuds: ce n'est donc pas une technique idéale.

**Figure 34**

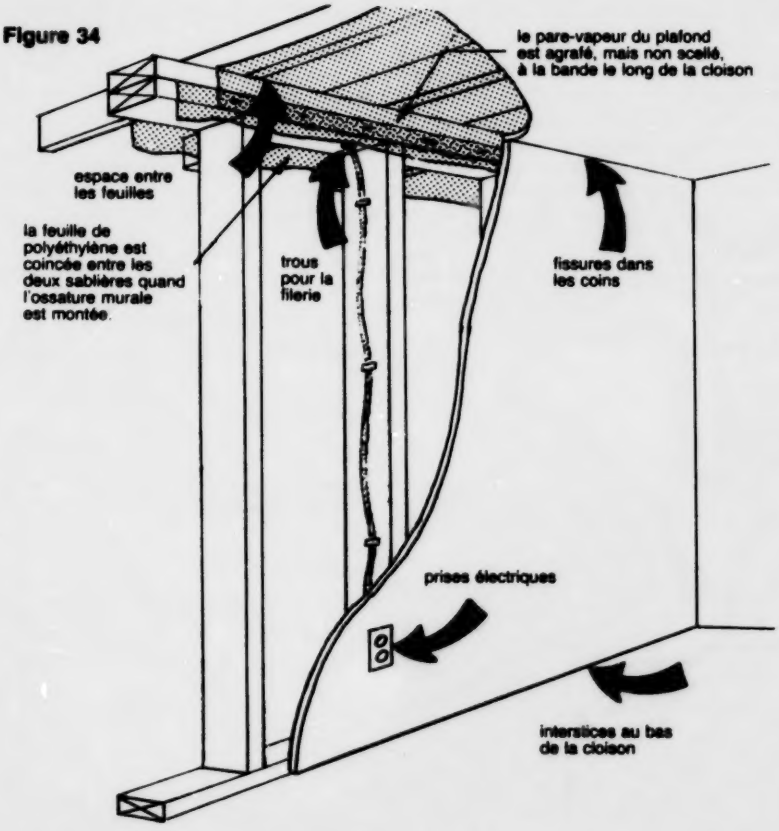
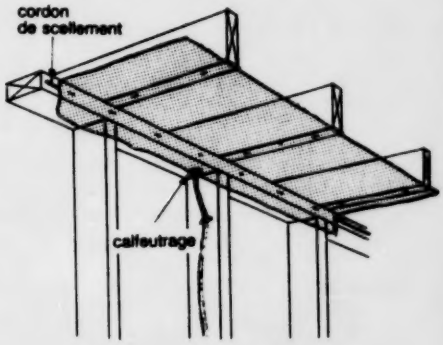



**Figure 35**

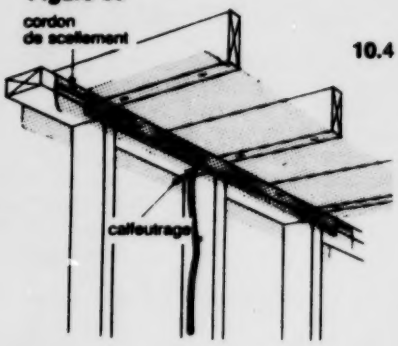



A noter que les Normes de construction résidentielle 1980, Section 26E(5) exigent que le pare-vapeur soit continu en haut des cloisons.

### 10.3 Une mauvaise solution

On peut corriger les lacunes de la sablière en posant une bande pare-vapeur sur le dessus de la sablière et en la scellant au pare-vapeur du plafond comme l'indique la figure 36. Cette solution n'est pas à recommander: le pare-vapeur en haut du mur risque d'être endommagé lorsque les fermes de toit seront installées et le pare-vapeur constitue un appui très glissant pour les fermes.

Figure 36

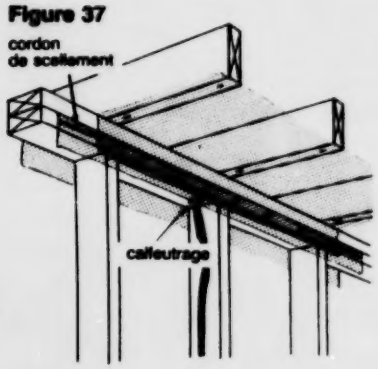



### 10.4 Une meilleure solution

La figure 37 illustre une meilleure solution, selon laquelle le pare-vapeur est posé entre les deux sablières. De cette façon, le pare-vapeur est continu, l'appui des fermes est solide et on ne risque pas d'endommager le pare-vapeur. Cette solution est semblable à celle qui est montrée à la figure 34, sauf que les deux pare-vapeur sont maintenant scellés.

Lorsque la cloison est parallèle aux solives de plafond, il est normal de poser un tasseau de clouage pour supporter le panneau de plâtre du plafond. Ce tasseau peut assurer la protection nécessaire au pare-vapeur et permettre d'éviter ainsi la pose d'une sablière jumelée, comme le montre la figure 38. Le seul problème avec cette façon de procéder, c'est qu'il faut utiliser des techniques différentes pour les cloisons qui sont parallèles aux solives et celles qui y sont perpendiculaires. La cloison parallèle ne nécessite qu'une sablière simple, tandis que la cloison perpendiculaire nécessite une sablière jumelée. Cela signifie que les montants doivent être de longueur différente pour les deux genres de cloison. Il est plus simple de poser une sablière jumelée aux deux cloisons.

Figure 37




La figure 39 illustre une cloison parallèle aux fermes de toit, avec une sablière jumelée.

Si on oublie de poser la bande pare-vapeur au début de la construction, il est tentant de corriger cette erreur en posant une bande pare-vapeur en passant par-dessus le mur fini. Il n'y a pas de problème lorsqu'il s'agit d'un mur perpendiculaire mais, dans le cas d'un mur parallèle, il peut rester des poches d'air sous l'isolant, comme le montre la figure 40. Ces poches peuvent se prolonger jusqu'au bord extérieur du toit et offrir ainsi un passage à l'air froid. Il peut en résulter de l'accumulation de givre ou de la condensation au-dessus de la cloison.

Figure 38

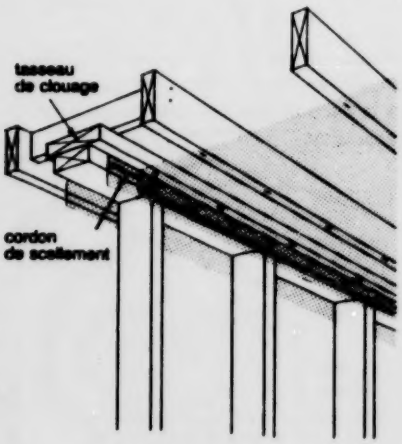



Figure 39

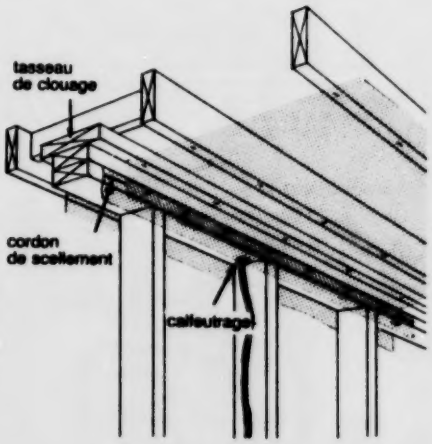



Figure 40

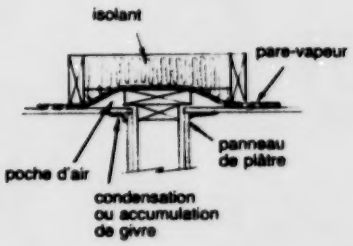
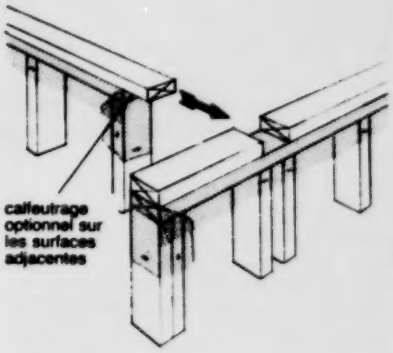


**Figure 41**




A l'extrémité libre de la cloison, il n'est pas nécessaire de prendre beaucoup de soin pour la pose du pare-vapeur. Le plus simple et le mieux est de rabattre le pare-vapeur sur le dernier poteau et de l'agrafer, comme l'illustre la figure 41. Cela constitue un bon joint entre deux cloisons.

Il est difficile de fixer le pare-vapeur du plafond à l'extrémité d'une cloison sans qu'il y ait des vides dans les coins. Il faut ordinairement faire du rapiéçage et, à cette fin, disposer d'un appui approprié. Les figures 42 et 43 montrent les travaux préliminaires à exécuter à l'extrémité libre de cloisons parallèles et perpendiculaires aux solives.

**Figure 42**

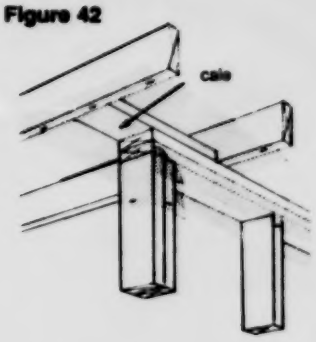
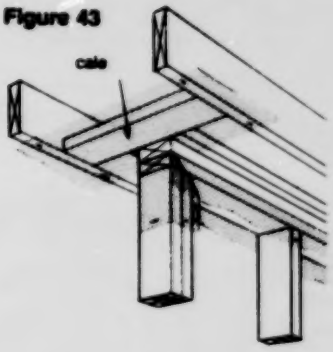



**Figure 43**




## 10.5 La cloison dans son ensemble

Les travaux préliminaires pour une cloison dépendent de l'endroit où elle doit être montée. La figure 44 montre divers genres de cloisons. Dans la cloison n° 1, par exemple, il faut poser une bande pare-vapeur sur le dessus de la cloison et le long du poteau du mur extérieur. La cloison n° 4 exige une bande pare-vapeur le long du poteau du mur extérieur et sur la lisse basse.

La figure 45 illustre les travaux à faire sur une cloison semblable à celle du n° 1 ci-dessus. A noter qu'il est recommandé de laisser une bonne longueur de polyéthylène à chaque extrémité plutôt que d'avoir à rapiécer une membrane qui a été taillée trop courte.

**Figure 44**

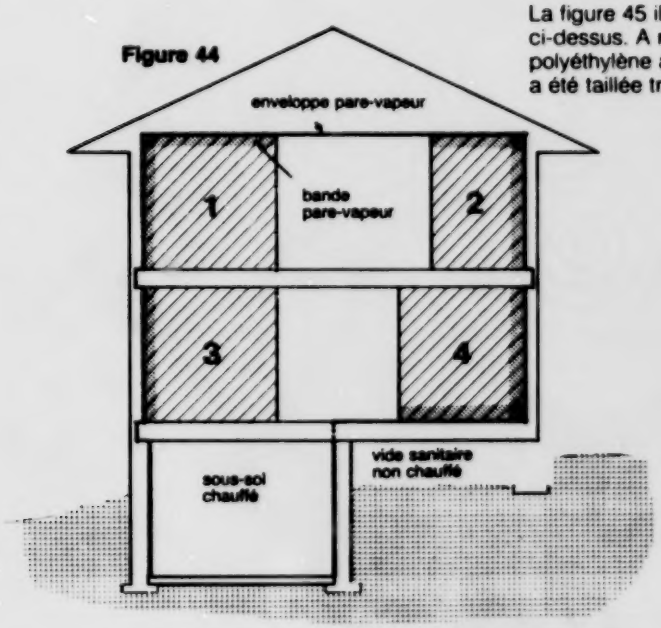
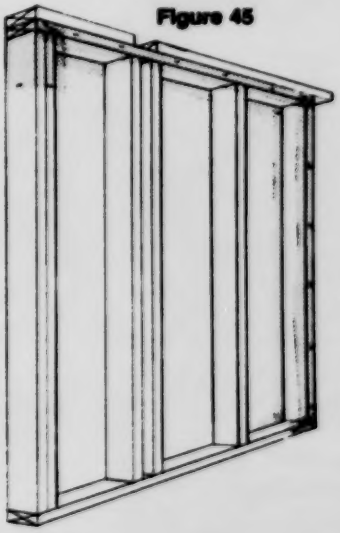
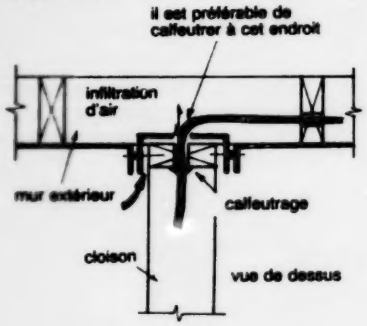



**Figure 45**



# 10.0 Cloisons

**Figure 47**




La figure 46 montre comment ce genre de cloison est appuyé contre le mur extérieur. Noter la façon dont il est appuyé contre le pare-vapeur qui contourne la solive de rive. La meilleure solution est de sceller avec du composé de scellement les surfaces adjacentes des deux pare-vapeur avant de fixer le mur en place.

Noter également la cale horizontale sur le mur extérieur. Cette cale sert d'appui au panneau de plâtre posé sur ce mur et est préférable aux tasseaux de clouage verticaux puisque l'isolation est alors meilleure à l'extrémité de la cloison.

La figure 46 montre la façon la plus simple de calfeutrer le trou servant de passage à un fil électrique qui passe par l'extrémité d'une cloison. Ce n'est pas la meilleure solution puisqu'il subsiste des risques d'infiltration d'air, comme le montre la figure 47. Il vaut mieux poser du calfeutrage à l'endroit où le fil traverse le pare-vapeur. Cela n'est toutefois pas toujours possible et les avantages de cette méthode ne sont pas suffisants pour justifier d'importantes modifications dans les étapes de la construction.

La figure 48 montre comment préparer la cloison d'une ossature murale dans une maison à un seul étage, au-dessus d'un vide sanitaire non chauffé. La série de figures qui suivent sont suffisamment explicatives et illustrent les particularités de la pose du pare-vapeur autour de la cloison.

**Figure 46**

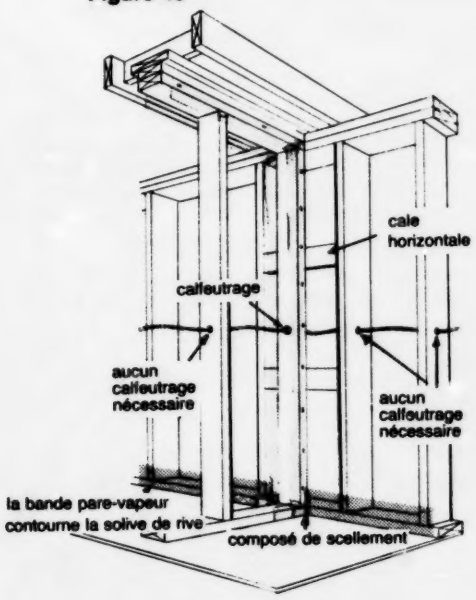



**Figure 48**

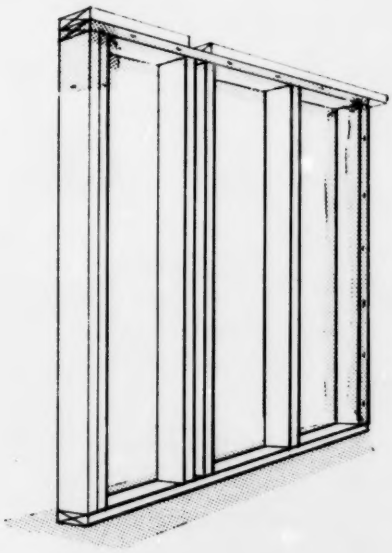


**Figure 49:** pose du pare-vapeur du plafond

**Figure 50:** pose du pare-vapeur mural

La figure 51 montre l'installation une fois le revêtement mural posé. Le sous-plancher est alors nettoyé et un cordon de scellement continu est posé tout le long des lames à parquet juste avant que le pare-vapeur du plancher ne soit posé.

Une fois que ce pare-vapeur est posé, il risque d'être endommagé. Il faut donc y faire attention pendant l'installation et le matériau de sous-finition devrait être posé le plus tôt possible sur le pare-vapeur.

**Figure 49**

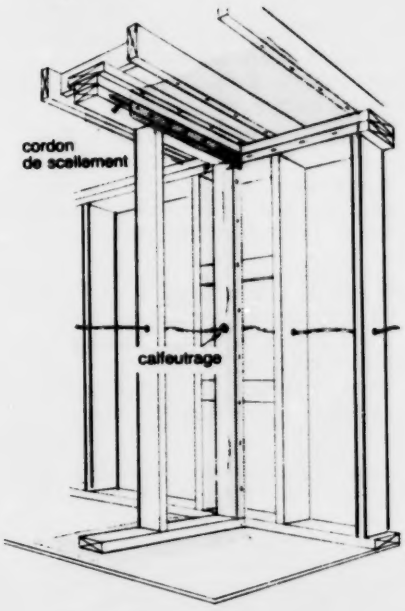



**Figure 50**

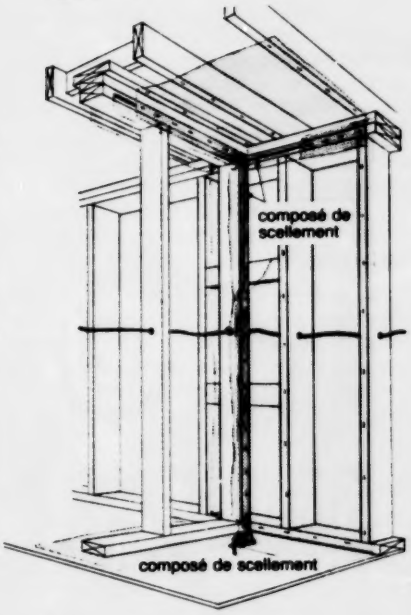



**Figure 51**

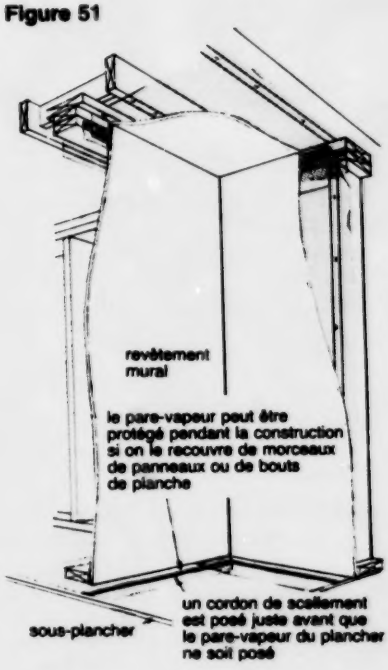


**Figure 52**

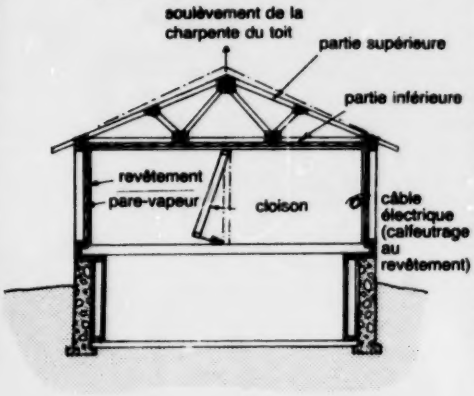
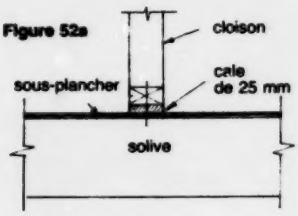



**Figure 52a**




## 10.6 La meilleure façon de traiter les cloisons

Il est maintenant évident que les cloisons compliquent considérablement l'installation d'une membrane d'étanchéité. C'est pourquoi on peut faire l'affirmation suivante:

**Dans une maison ordinaire, il y à des avantages à exécuter tous les travaux d'ossature en une seule opération mais, dans une maison étanche, ces avantages n'existent à peu près plus vu les difficultés présentées par la pose du pare-vapeur autour des cloisons.**

Les constructeurs de maisons à haut rendement énergétique adoptent de plus en plus de nouvelles techniques de construction, qui consistent à poser le pare-vapeur avant de monter les cloisons. Il est ainsi possible d'installer le pare-vapeur autour de l'enveloppe extérieure de la maison avec un minimum de joints et de ruptures. L'économie réalisée dans les coûts d'installation du pare-vapeur est probablement préférable aux coûts entraînés par les interruptions dans les travaux d'ossature et d'électricité.

Les principales caractéristiques de ce genre de construction sont schématisées aux figures 52 et 52a. La cloison est construite 25 mm plus court que sa hauteur finale de façon à pouvoir être érigée facilement comme dans l'illustration. Une cale de 25 mm est ensuite placée sous la lisse basse. Quand on met le mur en place, il n'y a pas de problème pour passer les fils électriques.

Le principale question soulevée dans ce genre de construction est de savoir si les cloisons doivent être érigées avant ou après la pose du revêtement mural sur les murs extérieurs. Il n'y a qu'un léger avantage à poser les cloisons en premier: il est alors plus facile de voir où planter les clous pour qu'ils soient enfoncés dans l'ossature mais, en même temps, le pare-vapeur est exposé au vent pour une plus longue période.

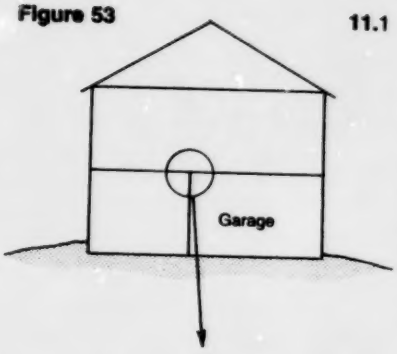
L'autre technique, qui consiste à ériger les cloisons après avoir posé le revêtement mural, permet de mieux protéger le pare-vapeur. Le pare-vapeur n'est alors pas exposé au vent et il ne risque pas d'être endommagé lorsqu'on érige les cloisons. Il est aussi mieux protégé contre les effets du soulèvement de la charpente du toit. A noter que les solives de plafonds sont capables de supporter le revêtement du plafond sans l'aide des cloisons. Les inquiétudes de certains constructeurs à cet égard sont sans fondement.

Le soulèvement de la charpente se produit lorsqu'il y a un contenu d'humidité différent dans les parties inférieure et supérieure de la charpente du toit. En hiver, la partie inférieure est plus chaude que la partie supérieure et contient donc moins d'humidité. La partie supérieure tend alors à se dilater par rapport à la partie inférieure. Ce mouvement produit un effet de soulèvement au centre de la charpente et peut entraîner la formation de fissures dans le revêtement mural, au point de rencontre des cloisons et du plafond. Dans une maison à haut rendement énergétique, l'isolant supplémentaire sur la partie inférieure produit une différence de température plus prononcée entre les deux parties. Il est probable que ce phénomène produira un effet de soulèvement encore plus prononcé, bien qu'il n'y ait pas eu suffisamment d'études sérieuses à ce sujet. Si cet effet devient un problème dans les maisons à haut rendement énergétique, la conception de la charpente devra peut-être repensée.

Le genre de construction illustrée à la figure 52 – les cloisons ayant été érigées avant le revêtement mural – protège suffisamment contre le soulèvement de la charpente. Il n'empêchera pas la formation de fissures en haut des cloisons, mais il empêchera sûrement d'endommager sérieusement le pare-vapeur au-dessus de la cloison. Pour cette raison et aussi à cause des économies possibles dans les coûts de construction, les auteurs recommandent ce genre de construction.

# 11.0 Endroits difficiles

**Figure 53**




## 11.1 Garage à même la maison

La figure 53 montre la difficulté de maintenir un pare-vapeur continu dans un garage à même la maison. Les solives occasionnent une rupture dans le pare-vapeur et il n'y a pas de moyen facile ou efficace de surmonter le problème.

La solution recommandée est illustrée par une vue latérale à la figure 54 et en perspective dans la figure 54a. La brèche dans le pare-vapeur est comblée soit par une cale en bois, soit par un morceau d'isolant rigide à basse perméabilité (tel que le "Styrofoam SM"). Si on utilise des cales en bois, on peut améliorer légèrement l'installation en peinturant le côté chaud des cales avec de la peinture pare-vapeur ou en les enveloppant de polyéthylène avant de les poser Le scellement est particulièrement important: il faut rendre totalement étanche à l'air les lisières des deux pare-vapeur.

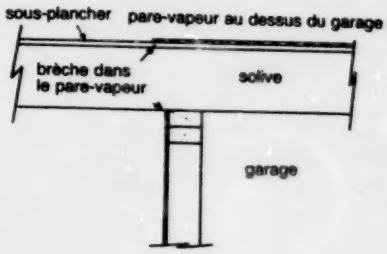



**Figure 54**

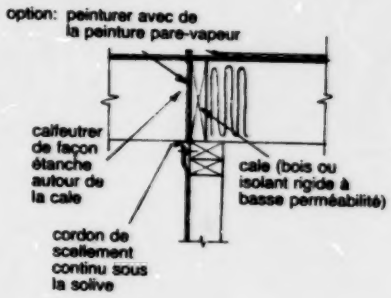



**Figure 54a**

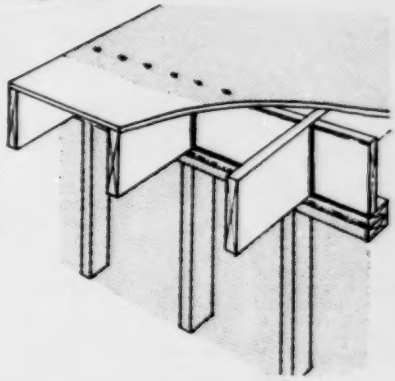
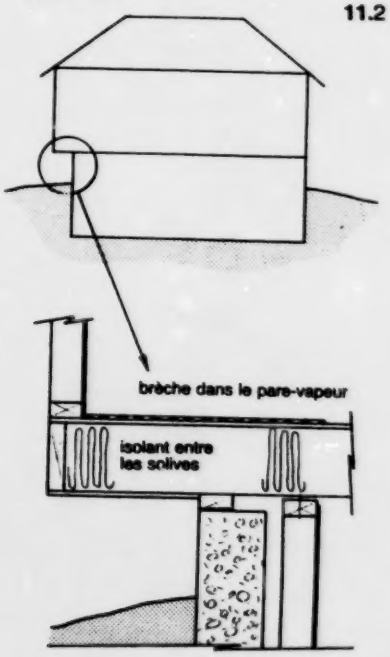


**Figure 55**




## 11.2 Porte-à-faux

L'endroit difficile est montré à la figure 55. La situation est semblable à celle du garage à même (figure 53): la brèche dans le pare-vapeur doit être comblée malgré les solives.

Le procédé montré à la figure 56 *n'est pas acceptable*. Le pare-vapeur se situe alors à l'extérieur de l'isolant dans le porte-à-faux et il y aura sûrement de l'humidité à l'intérieur du plancher à cet endroit.

La solution recommandée est illustrée à la figure 57. Les détails techniques sont exactement les mêmes que pour le garage à même (figures 54 et 54a). A noter que si on utilise de l'isolant rigide comme cales entre les solives, le code du bâtiment exige qu'il soit recouvert.

**Figure 56**

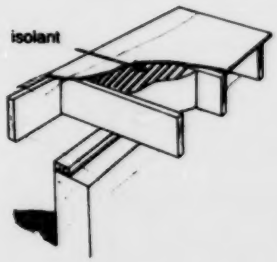
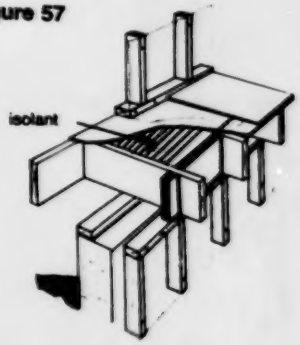
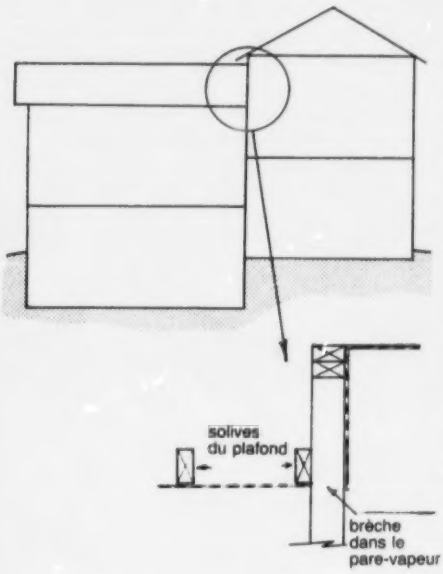



**Figure 57**



# 11.0 Endroits difficiles

**Figure 58**




**11.3 Plafonds des maisons à mi-étages**

La difficulté consiste à combler la brèche dans le pare-vapeur dans l'ossature du mur, comme à la figure 58.

La figure 59 montre quatre solutions acceptables, bien que chacune ait des avantages et des inconvénients.

Dans la figure 59a, la brèche est comblée par des cales de bois scellées. La technique est difficile, si on veut que les résultats soient bons.

La figure 59b illustre une bonne solution qui n'exige pas de travaux supplémentaires à l'ossature. Ce n'est toutefois pas une bonne solution s'il doit y avoir de la plomberie dans ce mur puisqu'il est alors difficile de rendre étanche les trous où passent les tuyaux et les colonnes d'évent.

Dans la figure 59c, la pose du pare-vapeur est simplifiée si l'ossature est divisée en deux murs nains. Cette solution est bonne pour ce qui est de la continuité du pare-vapeur, mais non du point de vue de la structure (problèmes de rétrécissement et d'alignement des deux parties de mur).

La figure 59d est bonne d'un point de vue technique et produit une bonne étanchéité à peu de frais. Il n'y a pas d'inconvénient à faire passer le pare-vapeur à l'extérieur du poteau, pourvu qu'il y ait deux fois plus d'isolant du côté froid que du côté chaud. Il y a certaines difficultés à poser une quantité suffisante d'isolant contre ce mur vertical. On peut y contrevenir en utilisant 4 pouces d'isolant rigide, ce qui aide aussi à protéger le pare-vapeur.

La technique illustrée à la figure 59d peut aussi s'appliquer lorsque les solives de toit sont perpendiculaires à l'ossature murale, comme à la figure 60. La seule différence est l'ajout d'un tasseau de clouage. Ce tasseau de clouage sert principalement à fournir un appui solide pour joindre les deux pare-vapeur, mais il peut aussi servir à joindre le coin inférieur des solives.

**Figure 59**

**Figure 59a**

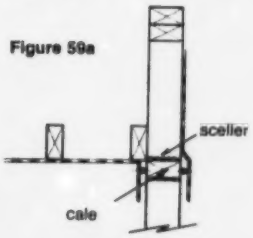



**Figure 59b**

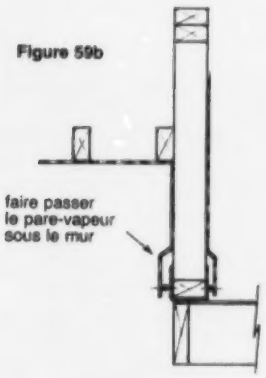



**Figure 59c**

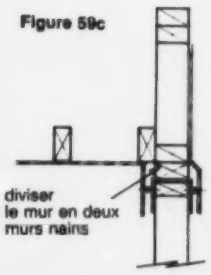



**Figure 59d**

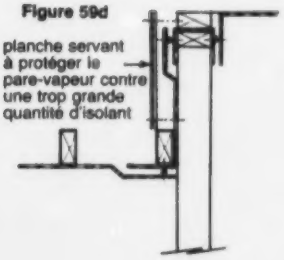
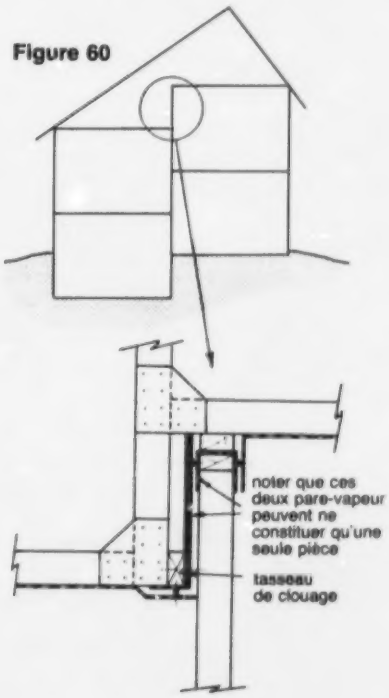



**Figure 60**



## 11.4 Plancher à mi-étage au-dessus d'un vide sanitaire non chauffé

La figure 61 montre l'endroit difficile et la solution recommandée pour une fondation en bois traité sous pression. Les problèmes de la pose du pare-vapeur à cet endroit sont aggravés si la maison comprend un mur vertical à ossature continue. Dans la figure 61, la pose du pare-vapeur est simplifiée si le plancher s'encastre dans le mur à ossature.

Une technique semblable peut être appliquée avec une fondation en béton, comme le montre la figure 62. Noter que les solives de plancher sont posées en porte-à-faux sur le mur de fondation afin de simplifier les détails de construction. La lisse basse est placée sur le bord intérieur du mur de fondation afin de constituer un meilleur appui pour le mur porteur au-dessus.

**Figure 61**

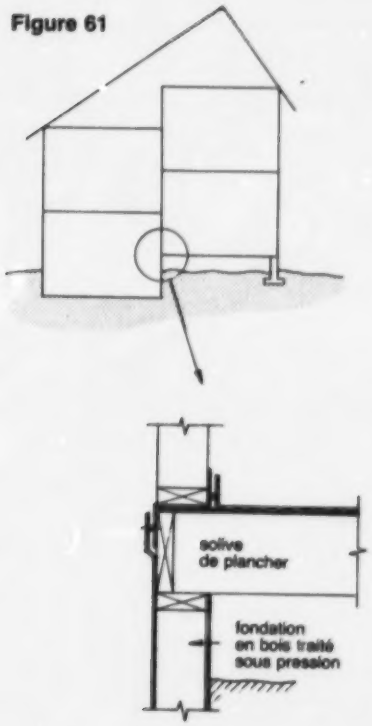
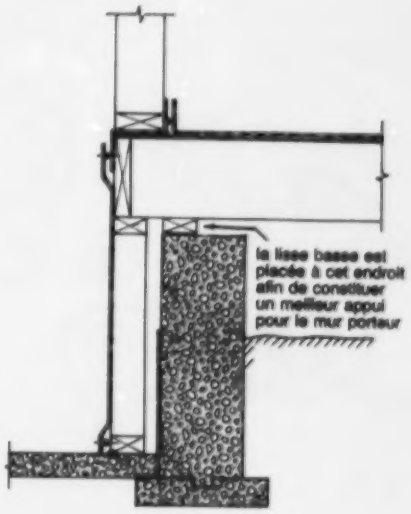



**Figure 62**



# 12.0 Portes et fenêtres

## 12.1 Le problème

Habituellement, le pare-vapeur se termine autour des portes et fenêtres de la façon indiquée à la figure 63. Une ouverture grossière est pratiquée dans le pare-vapeur et les bords peuvent être agrafés à l'ossature de bois, mais on ne prend pas de mesures particulières pour rendre le périmètre de la fenêtre vraiment étanche. Il y a souvent une brèche aussi large que 12 mm autour des portes et fenêtres installées de cette façon. L'air s'infiltre donc beaucoup à cet endroit et le seul obstacle à cette infiltration est constitué par les boiseries extérieures et intérieures, lesquelles sont peu efficaces.

## 12.2 Un solution facile

La solution évidente consiste à prolonger le pare-vapeur jusqu'au bord du cadre de la fenêtre et de le sceller à cet endroit, comme le montre la figure 64. Il s'agit d'une bonne technique, si elle est bien exécutée, mais il n'y a pas beaucoup d'espace sur le cadre.

**Figure 64**

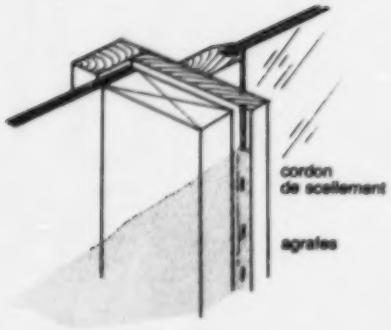
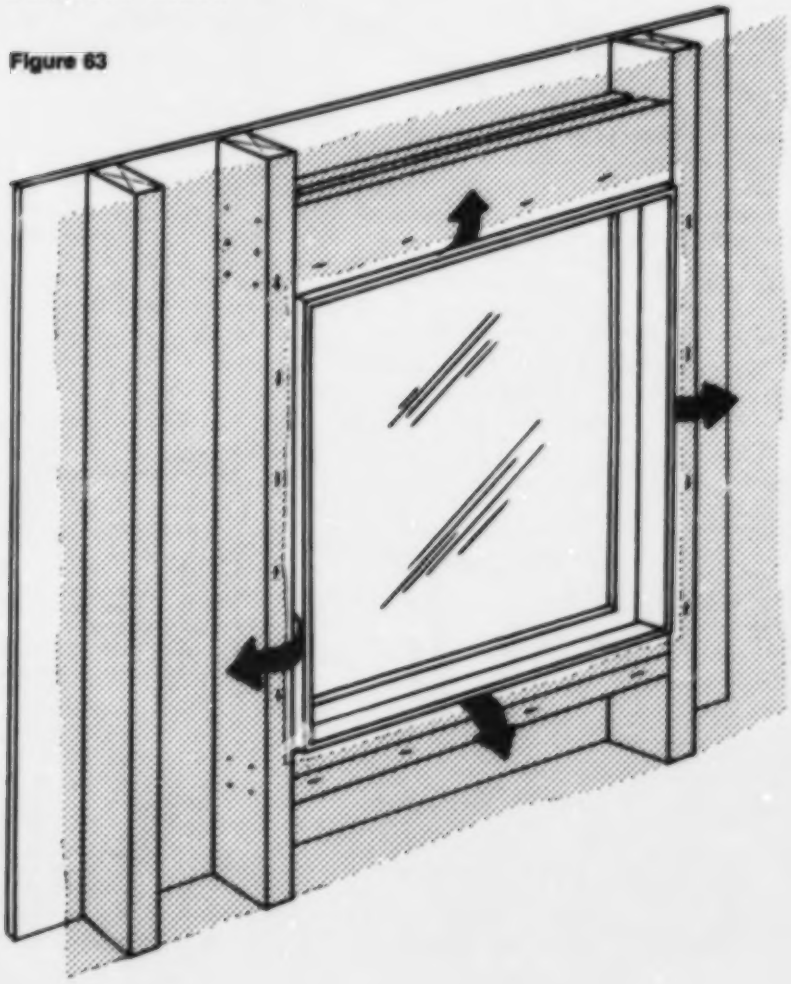
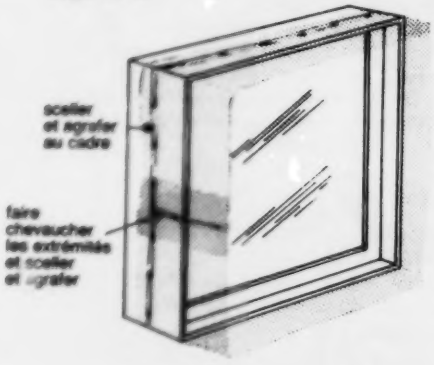



**Figure 63**



## 12.3 La meilleure solution

Figure 65




Le procédé illustré aux figures 65 et 66 est généralement plus efficace. Une bande pare-vapeur est scellée et agrafée au cadre de la fenêtre avant qu'il soit mis en place, comme à la figure 65. Une fois que la fenêtre a été mise en place dans le mur, la bande pare-vapeur est repliée sur la face du mur et le pare-vapeur principal y est joint, comme à la figure 66.

Le seul problème que présente cette méthode est que le pare-vapeur de la fenêtre doit être taillé dans les coins avant d'être rabattu contre le mur. Les entailles doivent alors être réparées avec des pièces de pare-vapeur, ce qui prend du temps. On peut aussi replier sur lui-même une petite partie du pare-vapeur en trop, comme le montre la figure 67. Pour empêcher les infiltrations d'air par les plis, il faut les sceller comme l'indique la figure. En général, de 25 à 50 mm supplémentaires de pare-vapeur suffiront dans chaque coin.

Figure 66

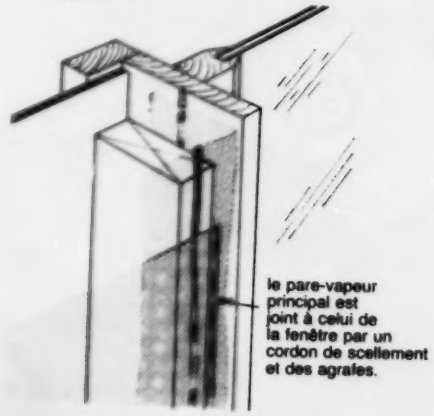



Figure 67

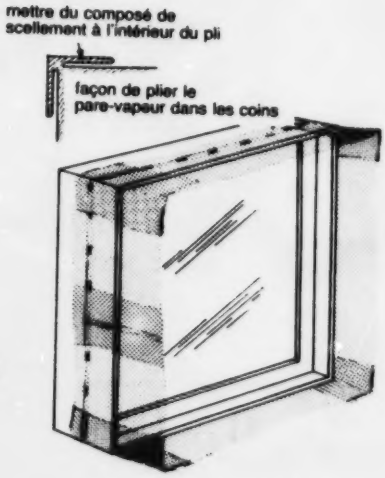
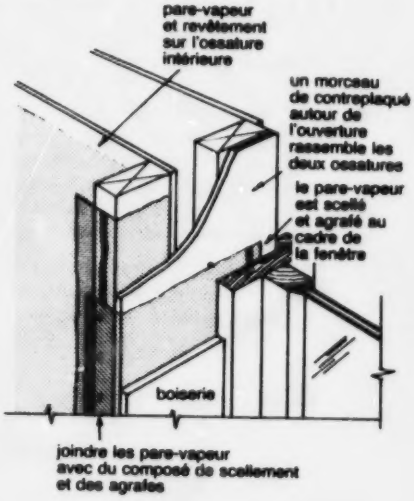
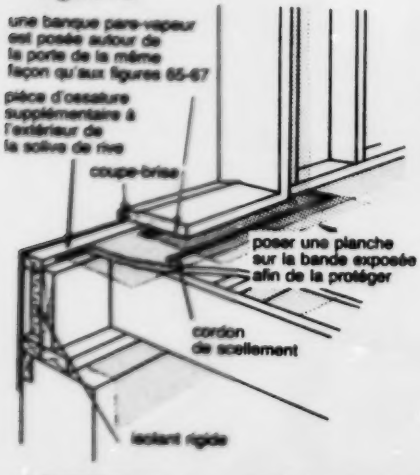



Figure 68




La figure 68 illustre l'installation d'une fenêtre dans un mur à double ossature. Ce genre de mur sera abordé de façon plus détaillé ultérieurement. Noter que le pare-vapeur du mur et le revêtement sont rassemblés à l'ossature intérieure et que le pare-vapeur est replié sur le bord de l'ossature.

Figure 70




Les portes sont traitées de la même façon que les fenêtres, sauf que le seuil de porte est appuyé au plancher. A cet endroit, le pare-vapeur doit être joint à celui qui contourne la solive de rive, comme à la figure 70. Noter que l'isolant à l'extérieur de la solive de rive est interrompu par une pièce d'ossature supplémentaire sous le seuil de la porte.

La figure 69 illustre une fenêtre en baie, ainsi qu'un certain nombre de particularités qui ont déjà été abordées. Remarquer en particulier le dessus du mur de la fondation. Il s'agit de la même situation que celle du porte-à-faux aux figures 55 à 57, sauf que la technique employée est légèrement différente. Dans ce cas, l'étanchéité à l'air est rendu possible grâce au scellement des cales entre les solives et en scellant ces cales à une deuxième lisse basse. Cette technique est utile lorsque le sous-sol doit rester non fini (pour des raisons qui seront abordées plus tard) et elle peut être adaptée à un sous-sol fini si les pare-vapeur sont joints comme dans l'illustration.

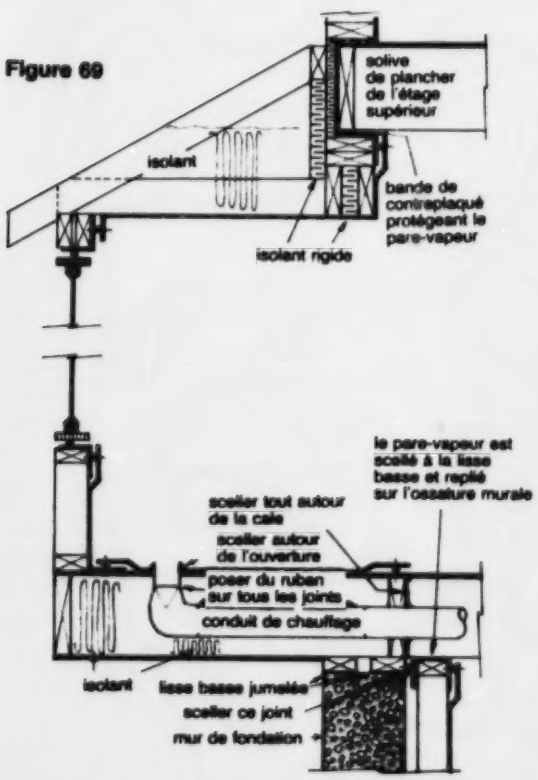
### 12.4 Note sur l'infiltration d'air autour des portes et fenêtres

Si on a pris soin de sceller les cadres de portes et de fenêtres au pare-vapeur, il serait illogique de poser des portes et des fenêtres non étanches. Les portes et les fenêtres devraient être aussi étanches que la membrane d'étanchéité. Dans le choix des portes et fenêtres, il faut porter autant d'attention à leur étanchéité à l'air qu'à leur rendement thermique en général.

Losqu'une porte extérieure est munie d'une contre-porte, ou une fenêtre d'un contre-châssis, la partie intérieure doit toujours être plus étanche que la partie située à l'extérieur. Autrement, de l'humidité s'infiltrera entre les deux et pourra difficilement s'échapper à travers la partie extérieure. Il s'ensuivrait une accumulation de givre ou de la condensation qui causerait une détérioration structurale.

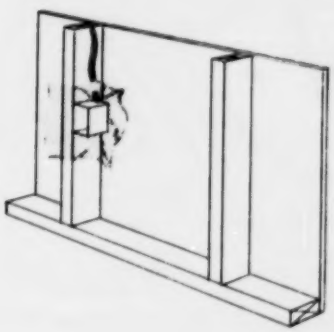
Il doit de toute façon y avoir des infiltrations d'air dans la contre-porte afin qu'il n'y ait pas trop de pression quand on ferme la porte principale.

**Figure 69**



# 13.0 Sorties électriques

**Figure 71**



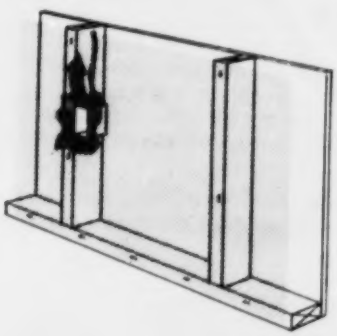
Les figures 71 et 72 montrent la façon courante de poser le pare-vapeur autour des sorties électriques. Une petite pièce de polyéthylène de 0.05 mm d'épaisseur est enroulée autour de la boîte électrique au moment de son installation et des trous sont percés pour laisser passer les fils. Plus tard, les bords de cette pièce de pare-vapeur sont tirés par une ouverture dans le pare-vapeur principal, comme le montre la figure 72. Il est rare qu'on pense à sceller les deux pièces de pare-vapeur ou à poser du composé de scellement autour des trous des fils. Par conséquent, il peut y avoir beaucoup d'infiltration d'air par la boîte électrique et le pare-vapeur supplémentaire enroulé autour de la boîte n'est pas très utile.

**À noter que ces instructions ne s'appliquent qu'aux murs extérieurs là où les sorties électriques interrompent le pare-vapeur.**

13.1 **Une bonne méthode**

On peut améliorer l'étanchéité à l'air à cet endroit en utilisant une plus grande pièce de pare-vapeur (de 0.15 mm), assez grande pour qu'elle puisse rejoindre les poteaux adjacents et la lisse basse, comme à la figure 73. Du composé de scellement est appliqué autour de l'orifice du fil et sur le contour du pare-vapeur. Cette méthode présente deux lacunes: d'abord, le composé de scellement autour de l'orifice du fil n'a pas d'appui solide; ensuite, comme il n'y a pas d'appui solide à la lisière supérieure de cette pièce de pare-vapeur, il n'est pas sûr que le joint au pare-vapeur principal sera étanche, surtout du fait qu'il a de nombreux plis à cet endroit.

**Figure 72**



On peut améliorer la méthode en posant une cale, comme à la figure 74. Ainsi, lorsqu'on pose le pare-vapeur, on le presse légèrement contre le cordon de scellement et on l'agrafe sur la ligne du scellement. L'étanchéité à l'air est alors excellente et serait acceptable dans une installation à étanchéité renforcée. Il y a un léger risque d'infiltration à l'orifice mal scellé des fils, mais ce risque n'est pas assez grand pour que cette méthode simple et peu coûteuse ne soit pas utilisée.

Si on adopte cette méthode, il est important de prévoir suffisamment de polyéthylène pour qu'on puisse le rabattre facilement jusque derrière la boîte électrique. S'il est trop étiré, les vis de la boîte peuvent facilement l'endommager.

**Figure 73**

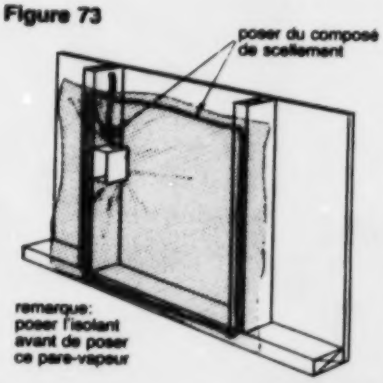



**Figure 74**

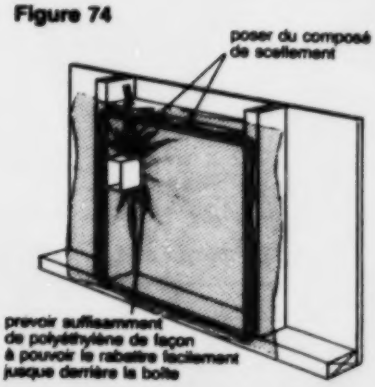
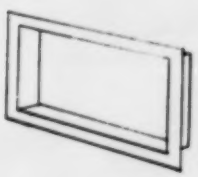


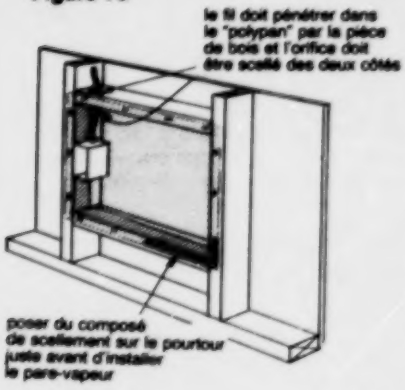

**Figure 75**



13.2 **Variantes de cette méthode**

Un certain nombre de produits commerciaux, conçus pour simplifier la pose du pare-vapeur autour des sorties électriques, se trouvent maintenant sur le marché. L'un de ces produits est le "Polypan", illustré à figure 75. Il s'agit d'une espèce de boîte peu profonde et rectangulaire moulée dans le polyéthylène.

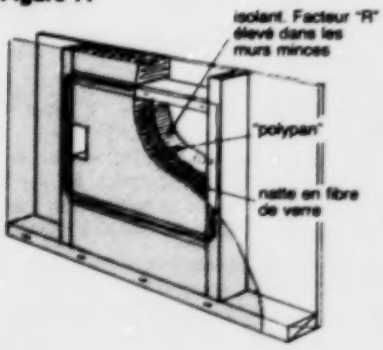
**Figure 76**




On la fixe contre les poteaux et les cales, comme on le voit à la figure 76, et on pose l'isolant comme à la figure 77. Noter que, pour éviter le problème du point de rosée dont il a été question plus tôt, l'isolant derrière le "polypan" doit avoir au moins deux fois plus de résistance thermique que celui qui est en avant. Dans un mur dont l'ossature est faite de poteaux de 38 mm sur 89 mm, cela peut présenter un petit problème: à cause de la profondeur du "polypan", il ne reste pas beaucoup d'espace pour l'isolant à l'arrière. L'isolant à cet endroit doit donc avoir une haute résistance thermique. C'est l'isolant en panneau de polystyrène qui est le meilleur. Dans les murs plus épais, il y a généralement assez d'espace derrière le "polypan" pour justifier l'usage d'isolant en nattes.

Les figures 78 et 79 montrent comment fabriquer une boîte "polypan" maison, comme l'a fait l'un des constructeurs des maisons expérimentales. Ce constructeur a constaté que toutes les boîtes nécessaires dans une maison pouvaient être fabriquées en atelier en deux heures environ. Le polyéthylène doit être plié ou taillé avec soin afin qu'il n'y ait pas trop d'infiltration dans les coins. Un endos de contreplaqué à l'arrière de cette membrane servira de protection en cas de négligence au moment de la pose du revêtement mural.

**Figure 77**




### 13.3 Comment éviter les dommages au cours de la pose du revêtement mural

Le pare-vapeur autour de la boîte électrique peut être endommagé lors de la pose du revêtement mural. Souvent, en posant le panneau de plâtre autour de la boîte, on taille l'ouverture en appuyant lâchement le panneau contre l'ossature. Si le couteau ou la lame de scie pénètre trop avant, le pare-vapeur peut être endommagé à certains endroits. La solution pratique consiste à éloigner la boîte électrique des points critiques dans le pare-vapeur. Se reporter à la figure 80, où l'on utilise un "polypan" à titre d'exemple. A noter qu'une cale sert à éloigner la boîte électrique du point critique dans le pare-vapeur sur le pourtour du "polypan".

Une meilleure solution est de s'assurer que les poseurs du revêtement mural sont au courant de cette difficulté et qu'ils modifient leurs habitudes en conséquence.

**Figure 78**

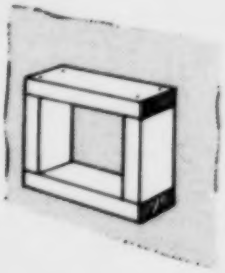


**Figure 79**

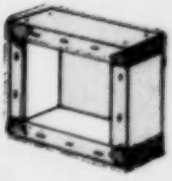
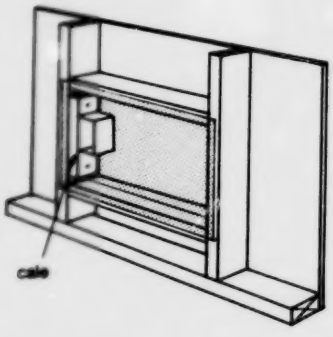


**Figure 80**



## 13.4 Plafonniers

Les techniques illustrées aux figures 74 à 79 peuvent également s'appliquer aux plafonniers, comme le montre la figure 81. Les détails sont suffisamment clairs.

Avec les derniers modèles de plafonniers affleurants, l'installation est relativement simple. La difficulté principale est de garder suffisamment d'espace pour la bride de serrage du fil et de faire un bon scellement à cet endroit. La solution illustrée à la figure 82 n'est pas idéale mais est acceptable. Une installation plus soignée ne serait pas économique.

## 13.5 Mise en garde

Les maisons à haut rendement énergétiques sont plutôt de conception récente et les conséquences à long terme de certaines techniques de construction ne sont pas connues avec certitude. Dans le cas des plafonniers, la méthode classique d'installation, avec peu d'isolant au plafond, permet de disperser la chaleur qui s'en dégage. S'il y a une meilleure isolation, le plafonnier sera plus chaud et peut ainsi causer la détérioration ou l'effritement du pare-vapeur et du composé de scellement sur une période de vingt ans ou plus. Par conséquent, le présent guide ne recommande l'installation que de dispositifs d'éclairage suspendus ou de dispositifs consommant peu de watts, tels que des fluorescents. Cette recommandation s'applique particulièrement à l'installation affleurante montrée à la figure 82.

**Figure 81**

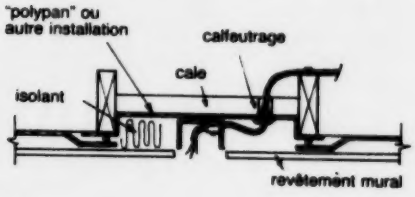
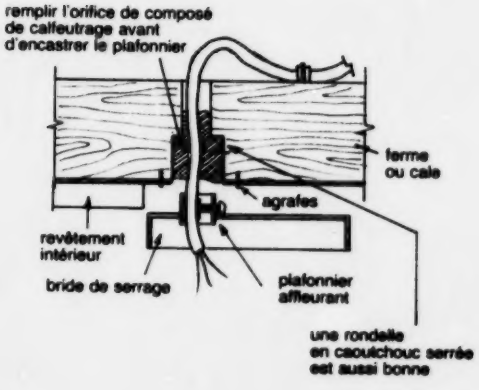



**Figure 82**



# 14.0 Évents, tuyaux et cheminées

**Figure 83**

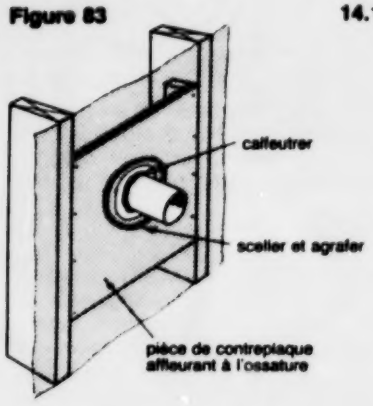
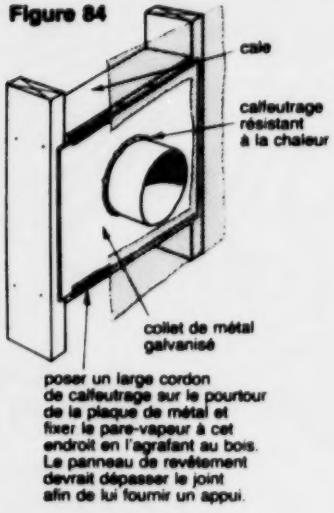



**Figure 84**




## 14.1 La technique générale

Les figures 83 et 84 illustrent les techniques générales pour rendre étanche le pare-vapeur autour des tuyaux, évents et cheminées.

La méthode de la figure 83 peut servir quand il n'y a aucun risque de chaleur excessive. Elle peut s'appliquer aux tuyaux de gaz, aux entrées de service d'électricité, aux évents de ventilateur, aux tuyaux de ventilation, aux tuyaux d'eau (chaude et froide), aux conduits d'approvisionnement en air, aux colonnes d'évent, aux évents de sécheuse et aux tuyaux de renvoi. La figure 83 montre comment poser un appui solide autour du tuyau (lorsqu'il n'y en pas autrement) et comment joindre le pare-vapeur au tuyau.

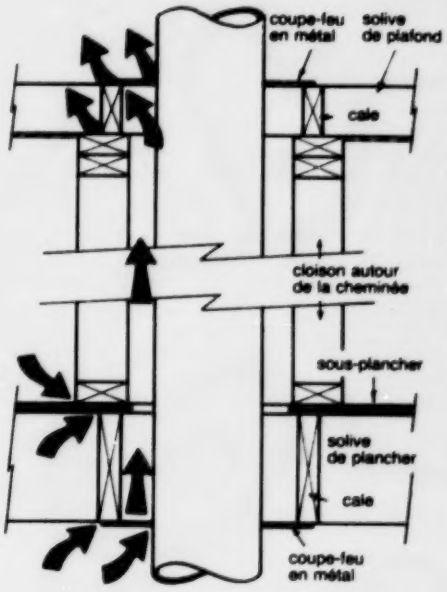
La méthode illustrée à la figure 84 s'applique quand il y a un risque de chaleur excessive. Il s'agit des cheminées de foyer, de poêle et de fournaise. Dans ces cas, *il faut garder une certaine distance entre le tuyau chaud et tout matériau combustible qui pourrait se trouver à proximité*. La distance à respecter varie selon le modèle de cheminée et est généralement prescrite dans le code du bâtiment approprié. *Noter que les panneaux de plâtre ordinaires et le polyéthylène sont considérés comme des matériaux combustibles*. Vu qu'il faut employer un composé de calfeutrage résistant à la chaleur entre la cheminée et la bride, il s'agit là de l'un des rares cas où un composé particulier est nécessaire.

## 14.2 Remarque sur le calfeutrage résistant à la chaleur

La plupart des cheminées subissent des cycles de dilatation et de contraction très prononcés à cause des écarts de température extrêmes auxquels elles sont exposées. Par conséquent, tous les joints calfeutrés autour de la cheminée sont assujettis aux forces énormes de la dilatation et de la contraction. Un joint coulissant étanche autour de la cheminée serait la solution idéale, mais elle serait difficile et coûteuse à appliquer. Par conséquent, en faisant un joint calfeutré autour de la cheminée, on vise non pas tant à réaliser une étanchéité parfaite qu'à réduire la quantité d'infiltration d'air autour de la cheminée.

Le composé de calfeutrage doit être choisi en tenant compte surtout de ses propriétés ignifuges. La plupart des composés de calfeutrage à base de latex sont appropriés. Certains constructeurs ont utilisé du ciment à tuyau d'échappement d'automobile, produit qui est acceptable et qui est probablement plus résistant à long terme que les composés à base de latex.

**Figure 85**



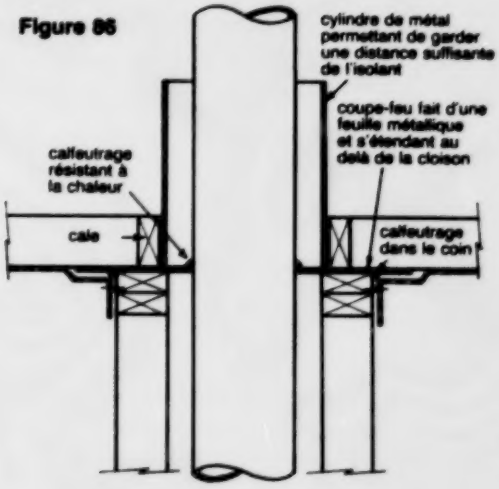

## 14.3 Cheminée de calorifère

La figure 85 illustre une façon courante d'installer une cheminée de fournaise et indique les divers passages d'air qui résultent de ce genre de construction. Le pire endroit de cette installation est normalement le coupe-feu supérieur en métal, lequel est souvent si petit qu'il ne couvre pas entièrement l'ouverture rectangulaire autour de la cheminée. Dans un cas extrême, le passage d'air à cet endroit peut être d'une largeur allant jusqu'à 50 mm.

La figure 86 montre comment réaliser une installation étanche autour de la cheminée au niveau du plafond supérieur. Le principal avantage de cette technique est que, le coupe-feu se prolongeant au delà de la cloison, le joint du pare-vapeur peut être fait dans un endroit facilement accessible. Il est difficile et très long d'essayer de réaliser des joints étanches à l'intérieur du passage de la cheminée.

Le cylindre de métal sert à garder la distance de sûreté prescrite entre la cheminée et l'isolant. Ce genre d'installation devrait être courant. Il n'est pas nécessaire de fixer le cylindre; il suffit de le centrer autour de la cheminée à l'aide de cales.

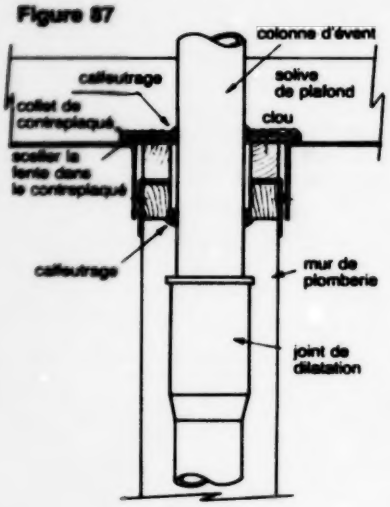
**Figure 86**



### 14.4 Colonne d'évent

La figure 87 montre une technique très courante dans les maisons à haut rendement énergétique. Habituellement, lorsque la colonne d'évent est installée dans le mur où est située la plomberie, il y a un gros passage d'air là où la colonne traverse la sablière du mur. Cette figure montre une façon de sceller ce passage. Le joint de dilatation est un dispositif essentiel dans ce genre d'installation, son but étant de prévenir l'endommagement du calfeutrage à cause de la dilatation de la colonne. D'autres installations plus complexes ont été mises à l'essai, dans lesquelles la partie supérieure de la colonne est immobilisée par une bride de métal attachée à la sablière. Généralement, ce genre d'installation est très étanche, mais inutilement compliqué et coûteux.

Figure 87




Il arrive que les anciennes façons de faire soient les meilleures. Dans la figure 88, l'espace autour de la colonne est scellée avec de l'étoupe. L'étanchéité est alors acceptable et le joint est coulissant. Pour que cette méthode soit efficace, l'orifice dans les sablières doit être circulaire et avoir un diamètre d'environ 12 à 25 mm de plus que celui de la colonne. Nous recommandons cette technique.

Les figures 89 et 90 illustrent deux variantes de la technique à utiliser lorsque les cloisons sont érigées après que l'enveloppe de la maison a été munie de son pare-vapeur. La figure 89 s'applique lorsque la cloison est érigée *avant* que le revêtement du plafond ne soit posé. La figure 90 s'applique lorsque la cloison est érigée *après* que le revêtement du plafond est posé.

Noter que, dans la figure 90, un cercle continu de composé de scellement peut être appliqué entre la sablière et le panneau de plâtre. A cette fin, l'emplacement de la colonne d'évent doit être choisi et le trou percé à travers la sablière avant que la cloison ne soit érigée. Il peut arriver que cela ne soit pas possible. Dans ces circonstances et vu l'effet marginal d'un tel scellement, ce procédé peut être omis.

Figure 88

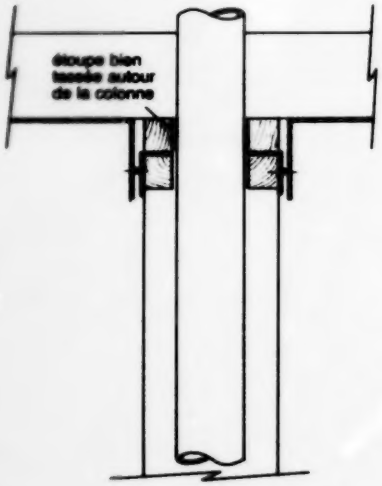



Figure 89

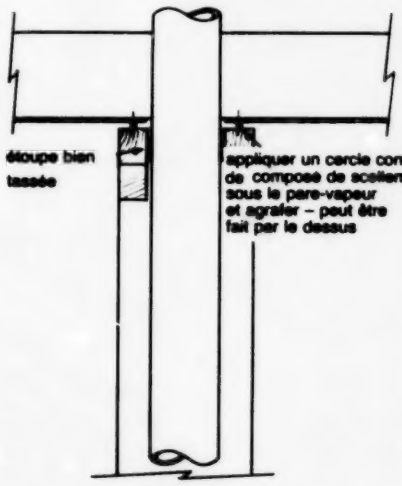
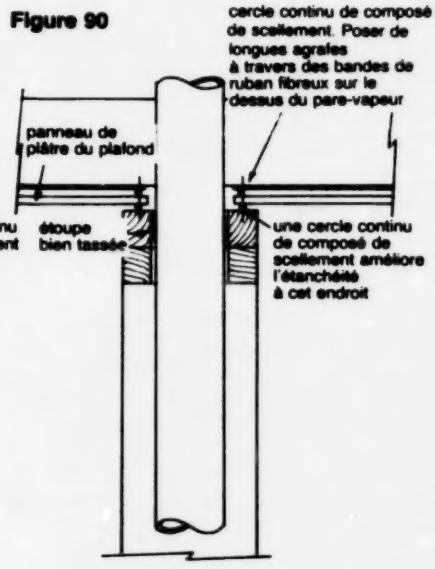



Figure 90



### 14.5 Plomberie dans un vide sanitaire non chauffé

La figure 91 illustre comment sceller autour d'une colonne d'évent traversant un vide sanitaire non chauffé. Le joint de dilatation protège le composé de calfeutrage contre le mouvement de la colonne et le solin de néoprène permet d'obtenir un joint étanche et flexible. Cette méthode donne une bonne étanchéité, mais elle est relativement compliquée et coûteuse.

Encore une fois, l'étoupe est une option recommandable et peu coûteuse qui permet d'obtenir un niveau acceptable d'étanchéité. Les figures 92 et 93 montrent cette technique appliquée à une colonne d'évent et à un tuyau d'eau.

**Figure 91**

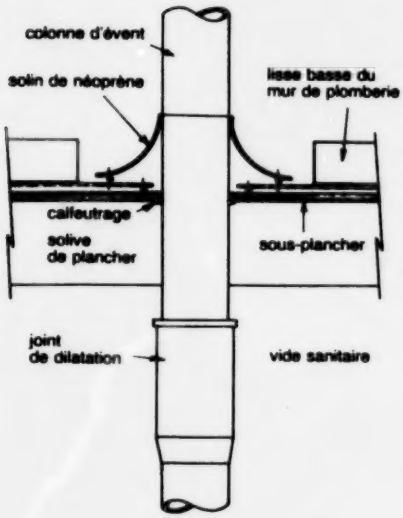



**Figure 92**

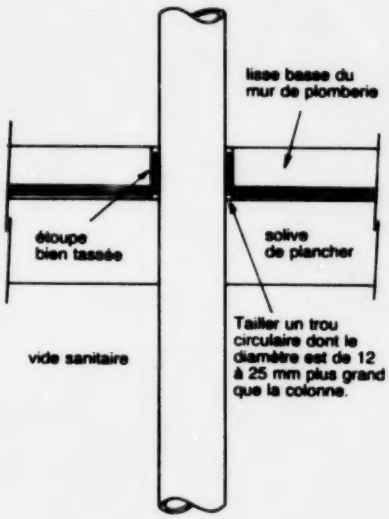
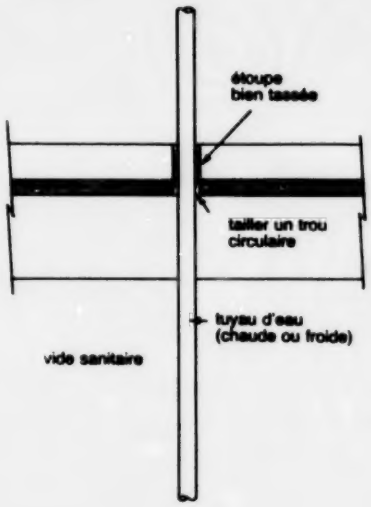
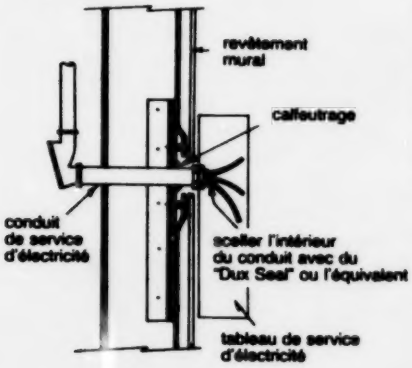



**Figure 93**




### 14.6 Entrées de service d'électricité

**Figure 94**




On voit à la figure 94 une entrée ordinaire de service d'électricité. Il peut y avoir des infiltrations d'air à la fois autour du conduit et à travers le conduit. L'extérieur du conduit est scellé au pare-vapeur grâce à une pièce d'appui en contreplaqué, comme à la figure 83. L'intérieur du conduit devrait être scellé avec du "Dux Seal" ou un produit équivalent approuvé pour ce genre d'application.

A noter que si le tableau de service d'électricité est installé dans un sous-sol non fini, il faut prendre les dispositions nécessaires pour pouvoir sceller le pare-vapeur autour du tableau lorsque le sous-sol sera fini ultérieurement. On recommande de monter une partie de l'ossature et d'installer le tableau comme à la figure 94.

# 14.0 Évents, tuyaux et cheminées

L'entrée de service illustrée à la figure 95 était courante il y a quelques années, mais elle disparaît peu à peu. Elle est illustrée ici afin qu'on puisse faire une recommandation à propos de l'endroit où il faut sceller. Les scellements, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du conduit, doivent être faits aussi près que possible du pare-vapeur. A l'extérieur du conduit, il n'est pas toujours possible de calfeutrer près du pare-vapeur, auquel cas il faut appliquer le composé à l'endroit le plus accessible, comme il est indiqué. Lorsque le conduit court sur une bonne longueur dans la maison, il est préférable de sceller à l'intérieur du conduit près du mur extérieur, en y ayant accès par l'entrée des fils.

**Figure 95**

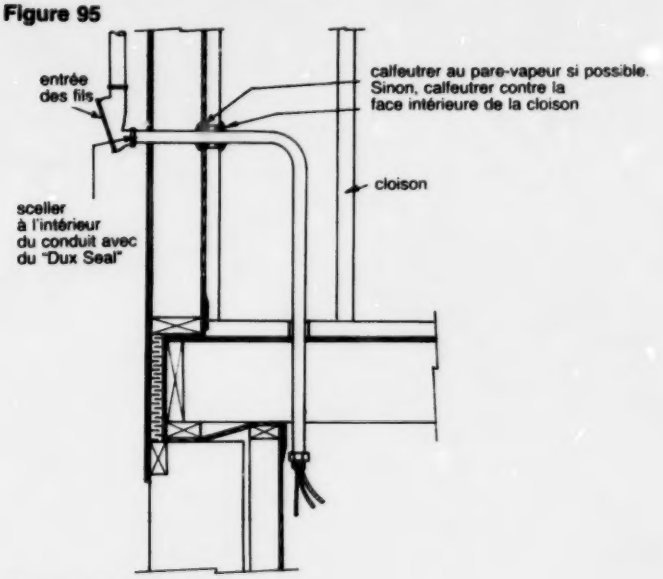
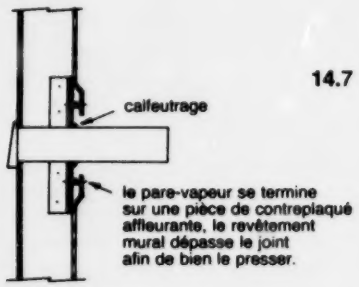



**Figure 96**

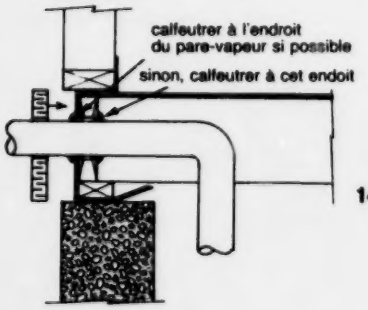



## 14.7 Évents d'aération

La figure 96 illustre un évent d'aération traversant un mur à ossature de bois isolé. Il s'agit d'une installation semblable à celle de la figure 83. Elle peut s'appliquer aux évents de sécheuse, aux évents d'échangeur de chaleur, aux évents d'approvisionnement en air pour les appareils à combustion, ainsi qu'à d'autres genres d'évents.

Il est parfois nécessaire de faire passer l'évent à travers une solive de rive, comme à la figure 97. Dans ce cas, il est préférable de poser du calfeutrage là où le tuyau traverse le pare-vapeur, avant de poser l'isolant contre la face extérieure de la solive. Si cela est impossible, on peut poser le calfeutrage du côté intérieur de la solive. L'étanchéité n'est pas aussi bonne, mais elle est tout à fait acceptable.

**Figure 97**




Dans les maisons qui ne sont pas pourvues d'un système central d'aération (comme l'exige l'installation d'un échangeur de chaleur), il est préférable de faire passer le tuyau d'aération des ventilateurs de salle de bain et de cuisine par le sous-plancher et la solive de rive, jusqu'à l'extérieur. Ainsi, il y a moins d'infiltration d'air froid et il est plus facile ultérieurement d'installer un échangeur de chaleur dans ces pièces, si on le désire.

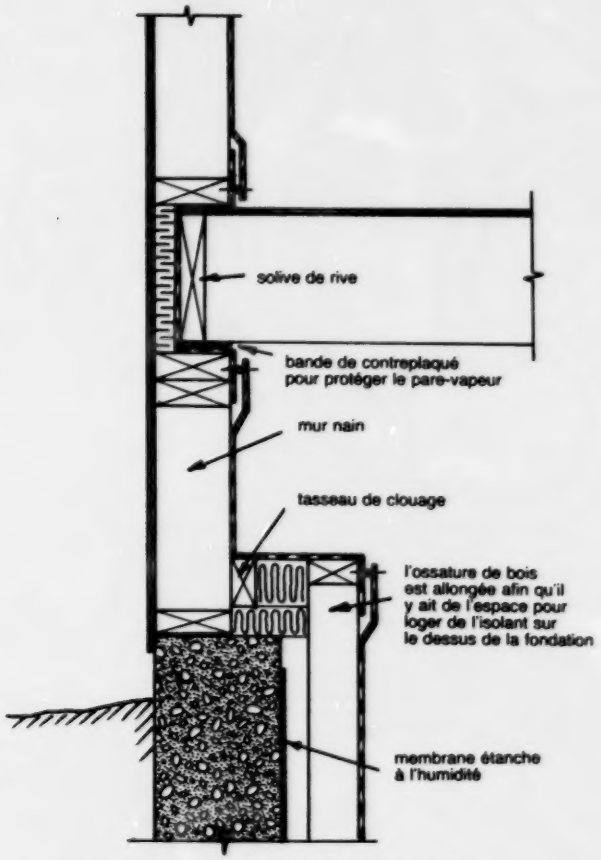
## 14.8 Remarque importante

Si la maison dispose d'un service de gaz naturel, le code du gaz prescrit une distance minimum entre tout raccord de gaz et tout évent d'aération, que l'évent serve à l'évacuation ou à l'aspiration de l'air. Il faut tenir compte de cette exigence en choisissant l'emplacement des évents.

# 15.0 Murs nains

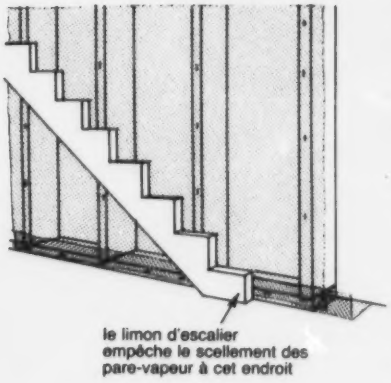
La figure 98 montre un mur nain sur un mur de fondation en béton. L'installation de la solive de rive est semblable à celle de la figure 26 pour un second étage. Noter la façon dont l'ossature de bois du sous-sol est allongée afin qu'il y ait de l'espace pour loger de l'isolant sur le dessus de la fondation.

**Figure 98**



# 16.0 Escaliers

**Figure 99**




La figure 99 illustre le limon d'un escalier contre un mur extérieur à ossature de bois. Dans cette position, le limon peut empêcher le scellement et l'assemblage des pare-vapeur, au pied ou à la tête de l'escalier. Par conséquent, il ne faudrait pas poser l'escalier de façon définitive avant d'avoir terminé la pose du pare-vapeur et celle du revêtement mural.

Lorsqu'un escalier s'encastre dans un mur extérieur, comme à la figure 10, l'installation du pare-vapeur et des autres éléments est semblable à celle qui est utilisée pour une solive de plancher.

La figure 101 illustre un escalier contre un mur de fondation en béton. Ce genre d'escalier est courant. Dans une maison, à haut rendement énergétique, la fondation devrait être doublée d'une ossature de bois et isolée. L'ossature est allongée par dessus la fondation (comme dans le cas d'un mur nain) afin qu'on puisse loger de l'isolant sur le dessus de la fondation.

*Il est important* de prévoir une largeur suffisante pour la cage d'escalier de sorte qu'elle puisse contenir à la fois l'escalier et le mur à ossature de bois. Si la cloison de la cage d'escalier n'est pas bien placée, il peut être impossible d'ériger un mur bien isolé et bien étanche à une étape ultérieure. *Il est recommandé que, dans cette situation, une distance d'au moins 150 mm soit prévue entre le mur de fondation et le limon, et que cette pratique soit courante.*

**Figure 100**

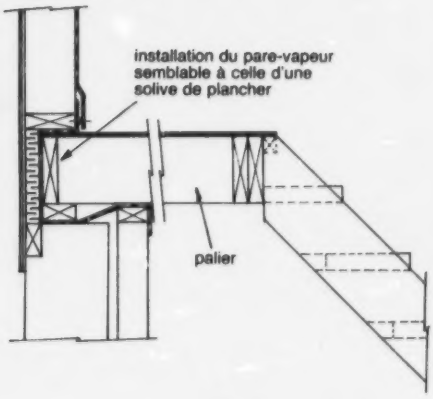
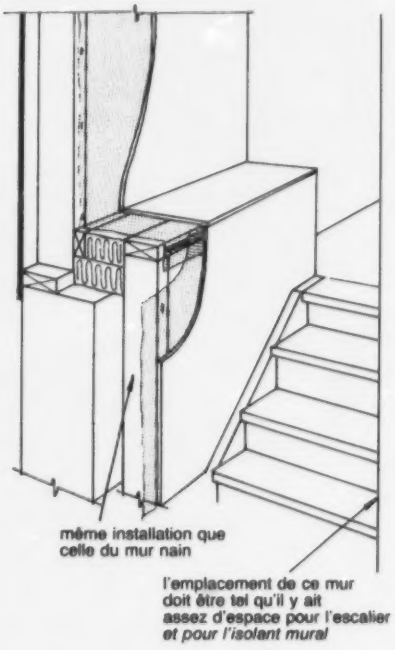
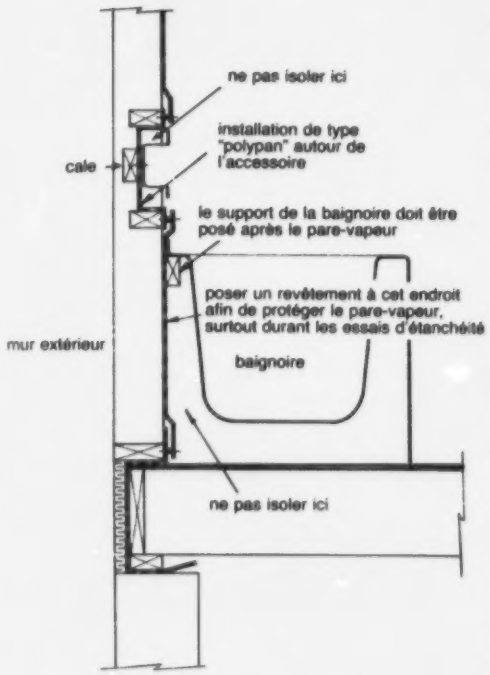



**Figure 101**



# 17.0 Baignoires et accessoires

**Figure 102**




La figure 102 montre les principales particularités de l'installation d'une baignoire contre un mur extérieur. Noter que le support de la baignoire doit être posé après le pare-vapeur. Les accessoires tels que les savonniers devraient être fixés sur une cloison, autant que possible. Si cela n'est pas possible, il faut procéder à une installation de type "polypan".

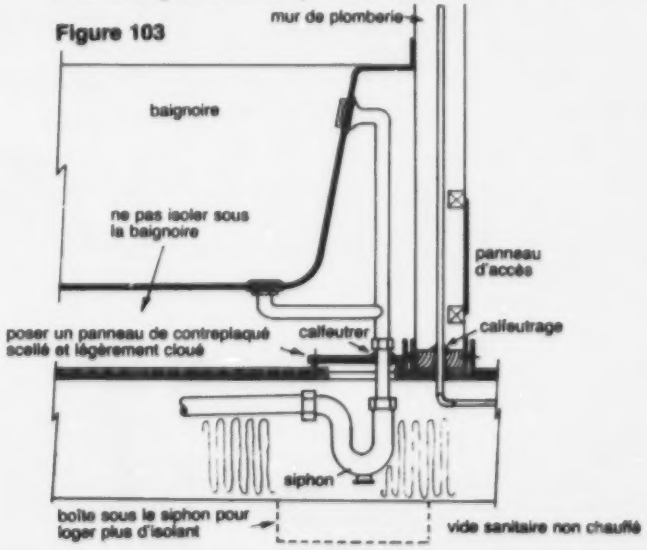
La cale servant d'appui à l'accessoire réduit le niveau d'isolation à l'extérieur du "polypan". Pour cette raison, ainsi qu'à cause de la grande humidité dans la salle de bain, il peut y avoir accumulation d'humidité à l'intérieur du "polypan". Afin de minimiser ce risque, on ne devrait pas poser d'isolant à l'intérieur du "polypan". Ainsi, l'endroit du point de rosée se situe à l'extérieur de l'installation. Le niveau réduit d'isolation a pour effet de produire un point froid autour de l'accessoire, mais cet inconvénient est préférable aux dommages que pourrait subir le revêtement mural à long terme.

Certains fervents des économies d'énergie ont proposé d'isoler l'espace sous la baignoire. *Cela est à éviter* lorsque la baignoire est installée contre un mur extérieur, car l'endroit du point de rosée pourrait alors se trouver à l'intérieur du pare-vapeur. Cette mesure est toutefois utile si la baignoire est éloignée de tout pare-vapeur.

Il est courant de pratiquer une large ouverture sous la baignoire afin de permettre l'installation et la réparation du système de vidange. Lorsque la baignoire est installée au-dessus d'un vide sanitaire non chauffé, il y a alors une source importante d'infiltration d'air sous la baignoire. La meilleure solution est d'installer la baignoire sur un plancher surélevé. Le sous-plancher principal, sous ce plancher surélevé, peut alors être muni d'un pare-vapeur et isolé de la façon habituelle. Le seul point d'infiltration est alors autour du tuyau de vidange, là où il traverse le pare-vapeur. On peut le sceller de la façon habituelle.

La figure 103 illustre ce qu'il faut faire quand la baignoire est installée directement au-dessus du vide sanitaire. Un panneau de contreplaqué est fixé autour du système de vidange, comme dans l'illustration, et est scellé et cloué légèrement en place. Le meilleur composé de scellement à utiliser dans ce cas est un composé à basse adhésion, afin que le panneau puisse être enlevé facilement en cas de réparation. Un composé à base de latex est ce qu'il y a de mieux. Si la chose est possible, le plancher sous la baignoire devrait être pourvu d'un revêtement avant l'installation de la baignoire. Le pare-vapeur sera ainsi protégé des bords acérés de la baignoire. A noter encore une fois que l'espace sous la baignoire ne doit pas être isolé.

**Figure 103**



# 18.0 Trappe du grenier

La trappe du grenier est une source d'infiltration d'air et, si la chose est possible, elle devrait être installée à l'extérieur de la maison plutôt que dans le plafond. Si elle doit être installée dans le plafond, il faut avoir une bonne isolation et une bonne étanchéité.

Les détails d'installation des figures 104 et 104a sont suffisamment clairs. Noter en particulier comment le pare-vapeur du plafond se termine autour de la trappe.

**Figure 104**

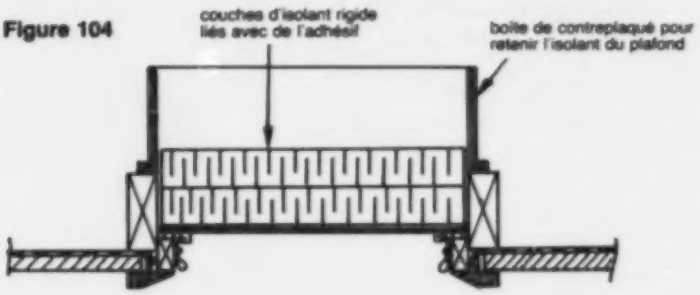
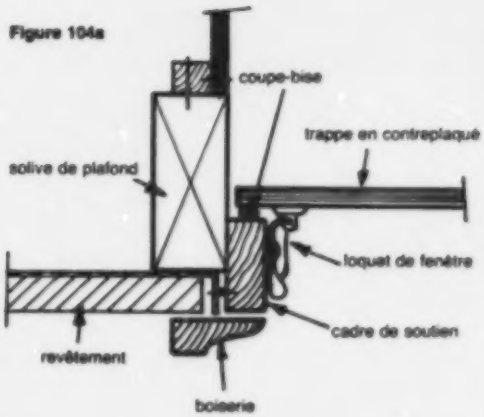
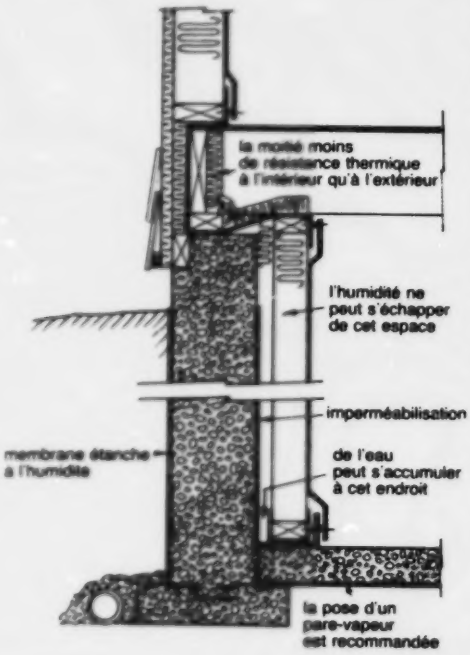



**Figure 104a**



# 19.0 Problèmes liés aux fondations en béton

Figure 105




## 19.1 Le problème de la cure du béton

La figure 105 illustre toutes les particularités d'un sous-sol en béton bien fini, dont l'intérieur est isolé. Le pare-vapeur crée une étanchéité presque totale contre la face intérieure du béton. Par conséquent, l'humidité qui pourrait être produite dans le béton peut difficilement s'échapper. La seule voie d'échappement (si le pare-vapeur est bien posé) se situe sous le pare-vapeur là où il passe sous la lisse basse et où les irrégularités dans la surface du béton peuvent laisser des interstices. Dans des conditions idéales, le béton étant sec, l'humidité pourra peut-être s'échapper par ces interstices aussi rapidement qu'elle est produite et il n'y aura pas d'accumulation d'humidité derrière le pare-vapeur du sous-sol.

Cependant, si le béton n'est pas tout à fait sec, son contenu en eau est élevé et il peut dégager de l'humidité plus rapidement que les interstices peuvent en laisser échapper sous la lisse basse. Dans ces conditions, trois phénomènes non souhaitables se produisent: d'abord, l'espace d'air entre le béton et le pare-vapeur devient probablement saturé; en deuxième lieu, l'humidité qui se dégage du béton a tendance à se transformer en eau au niveau du plancher, comme l'indique la figure. Enfin, le contenu élevé en vapeur d'eau dans l'espace d'air ralentit la cure du béton, bien que cela ne devrait pas en modifier la solidité.

Si un sous-sol dont le béton n'est pas encore pris est fini comme dans la figure 105, il y aura beaucoup d'humidité pendant longtemps (peut-être plusieurs mois) dans l'espace entre le mur de la fondation et le pare-vapeur. Dans ces conditions, l'ossature de bois pourrait subir des avaries. Il y a trois solutions. En premier lieu, et c'est là la meilleure solution techniquement parlant, il s'agit d'isoler le mur de la fondation à l'extérieur, comme on le verra à la page suivante. Deuxièmement, on peut attendre que la cure du béton soit terminée avant de procéder aux travaux de finition dans le sous-sol. Enfin, on peut prévoir un système d'aération sur le dessus du mur de la fondation, comme l'illustre la figure 105a. L'on suggère à cet égard de pratiquer des indentations à des intervalles d'environ 25 mm dans une planche de contreplaqué, comme dans l'illustration. Il peut y avoir d'autres façons d'obtenir les mêmes résultats.

Figure 105a

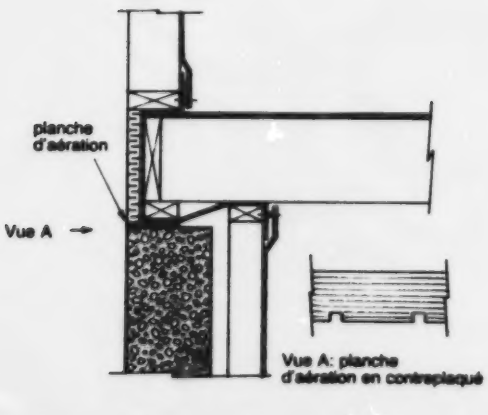
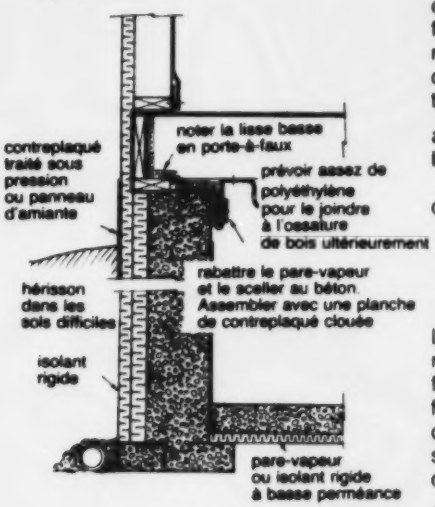


**Figure 106**




S'ils ont à choisir entre isoler le sous-sol de l'extérieur ou de l'intérieur, beaucoup de constructeurs professionnels préféreront le faire de l'intérieur, car le sous-sol fini ajoute davantage à la valeur de la maison. Dans ces cas, il faut recourir à la méthode illustrée à la figure 105a ou à une méthode semblable. Cependant, les constructeurs devraient considérer attentivement les nombreux avantages techniques d'une isolation par l'extérieur. En voici trois:

a) Elle permet d'éviter les problèmes d'humidité mentionnés précédemment.
b) En étant situé à l'intérieur de l'isolant, le béton n'est plus exposé à des variations extrêmes de température et est donc moins sujet aux avaries.
c) Le béton étant situé à l'intérieur de l'enveloppe chaude de la maison, la grande masse de béton sert à entreposer la chaleur. Les variations de température entre le jour et le soir sont aussi moins ressenties et on peut dont profiter davantage de la chaleur solaire passive (grâce aux fenêtres orientées vers le sud).

La figure 106 illustre un sous-sol isolé de l'extérieur avec deux couches d'isolant rigide. Noter que, dans cette situation, le pare-vapeur doit se terminer de telle façon que l'étanchéité de la maison soit conservée. La technique illustrée à la figure 106 a deux particularités: elle crée une étanchéité permanente sur le dessus du mur de fondation et elle permet la continuité du pare-vapeur lorsque le sous-sol est fini ultérieurement. Cette technique devrait être utilisée chaque fois qu'un sous-sol n'est pas fini.

Il y a plusieurs façons de procéder autour de la solive de rive. La figure 106a illustre une autre façon qui permet l'utilisation d'une lisse basse plus petite.

**Figure 106a**

## 19.2 Mouvements causés par la glace

La plupart des sols réagissent jusqu'à un certain point à l'alternance de gel et de dégel dans les températures. Dans les sols qui retiennent beaucoup d'eau, le passage de l'eau à la glace *peut* causer la dilatation du mélange sol-eau lequel, à son tour, peut exercer de fortes pressions latérales sur les murs de fondation. Ces pressions peuvent être assez fortes pour fissurer le mur de fondation.

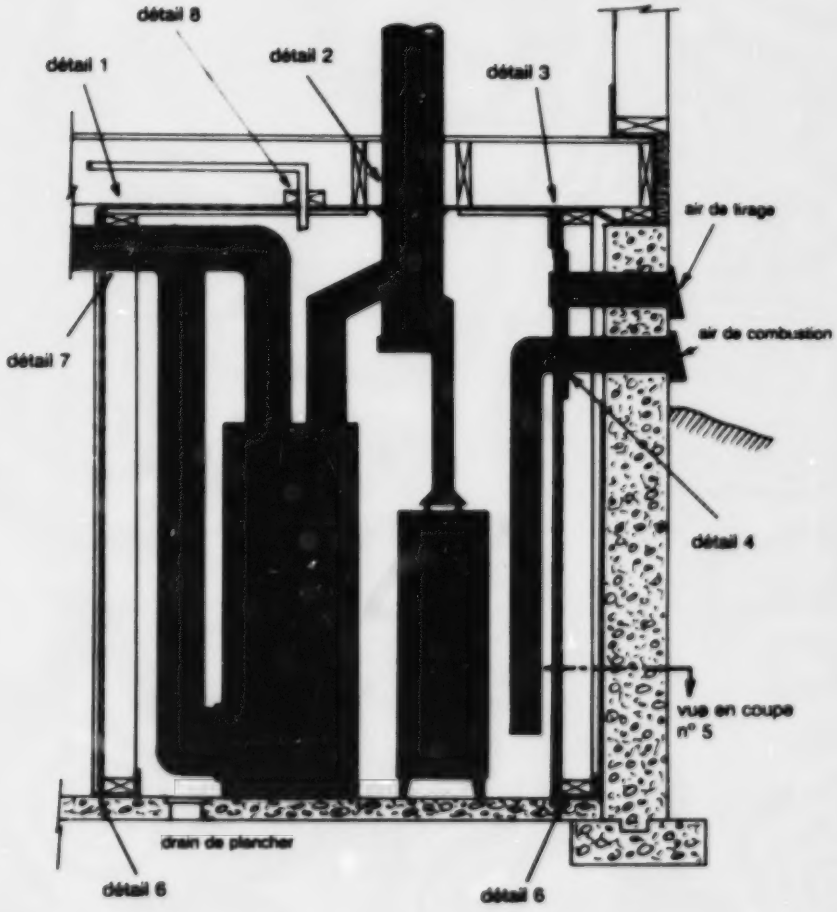
Lorsque le mur de fondation est isolé, de l'intérieur ou de l'extérieur, le sol autour de la maison est privé de la chaleur normale dégagée par la maison. Il est donc exposé à des changements de température plus prononcés, ce qui aggrave les problèmes signalés ci-dessus. La question du comportement du sol autour d'une maison est complexe, plusieurs facteurs variables et peu de règles générales entrant en ligne de compte. D'ici à ce qu'il y ait un guide de construction définitif à ce sujet, les auteurs recommandent la pratique suivante: lorsqu'on sait que le sol dans une région donnée a tendance à endommager les fondations, la fondation doit être remblayée avec du gravier ou du granulat de la même façon qu'on l'exige maintenant dans le cas des fondations en bois traité sous pression.

# 20.0 La pièce de chauffage

**Note de l'éditeur:**
**L'idée de la pièce de chauffage a été mise au point en vue d'isoler la fournaise et son approvisionnement en air de combustion du reste de la maison. Comme la pièce de chauffage est toujours à l'état expérimental et qu'elle n'est peut-être pas la solution idéale ou la plus appropriée en ce qui a trait à l'approvisionnement en air de combustion, on devrait consulter, avant de construire, les organismes de recherche compétents dans sa localité. Il est important que la fournaise et les prises d'air soient de dimensions appropriées de sorte que la température dans la pièce de chauffage et le conduit de fumée soit assez élevé pour qu'il n'y ait pas d'accumulation d'humidité ou de glace dans le conduit de fumée.**

La pièce de chauffage a pour but principal de rendre la fournaise et le chauffe-eau indépendants de l'air de la maison. A cette fin, elle doit être aménagée de façon étanche, ce qui entraîne plusieurs autres avantages, comme on l'a vu plus tôt. La figure 107 illustre les particularités de construction d'une pièce de chauffage étanche. Les détails sont montrés sur une plus grande échelle aux pages suivantes.

**Figure 107**

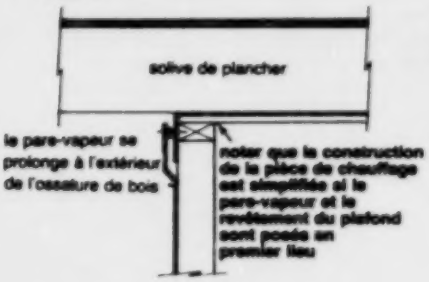


# 20.0 La pièce de chauffage

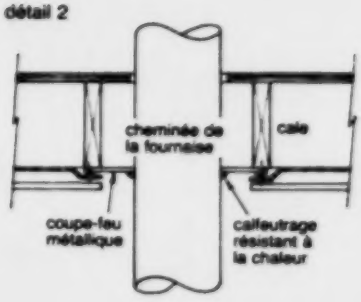
**Figure 107**

La figure 107 montre tout l'équipement qui devrait être installé dans la pièce de chauffage. Il n'y a aucun avantage à installer le tableau de service d'électricité ou l'échangeur de chaleur dans cette pièce, puisque ces appareils nécessitent des passages pour les fils et les tuyaux et que ces ouvertures doivent être scellées. On recommande toutefois de poser le drain de plancher dans la pièce de chauffage, si c'est possible. Le drain est une source importante d'infiltration à la fois d'air et de radon, et il y a des avantages évidents à l'isoler du reste de la maison. A noter que si le drain est installé dans la pièce de chauffage, la porte ne doit pas avoir de seuil. Il est alors plus difficile de réaliser l'étanchéité nécessaire autour de la porte, mais plus facile d'assécher le sous-sol en cas d'inondation légère. On peut aussi installer un autre drain, avec un siphon, à l'extérieur de la pièce de chauffage.

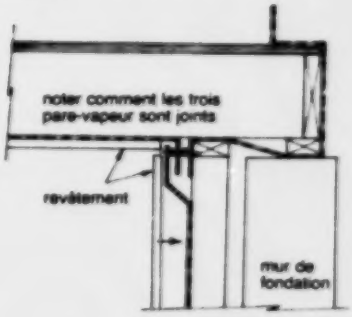
détail 1



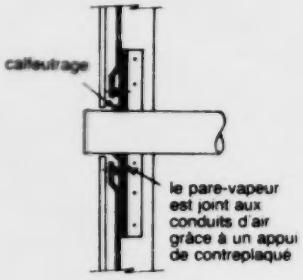

détail 2



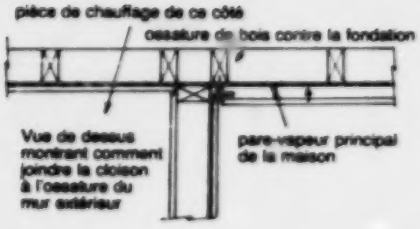

détail 3




détail 4

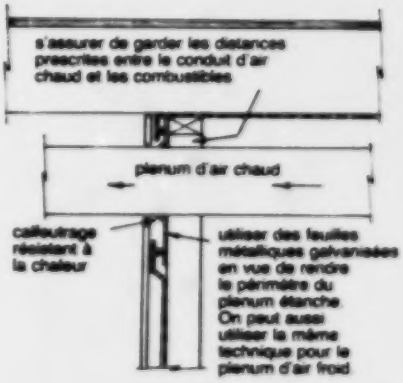



détail 5

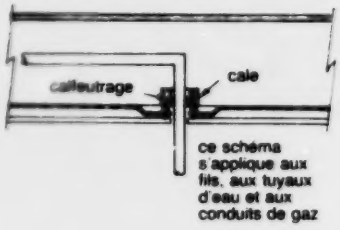



détail 6

détail 7




détail 8

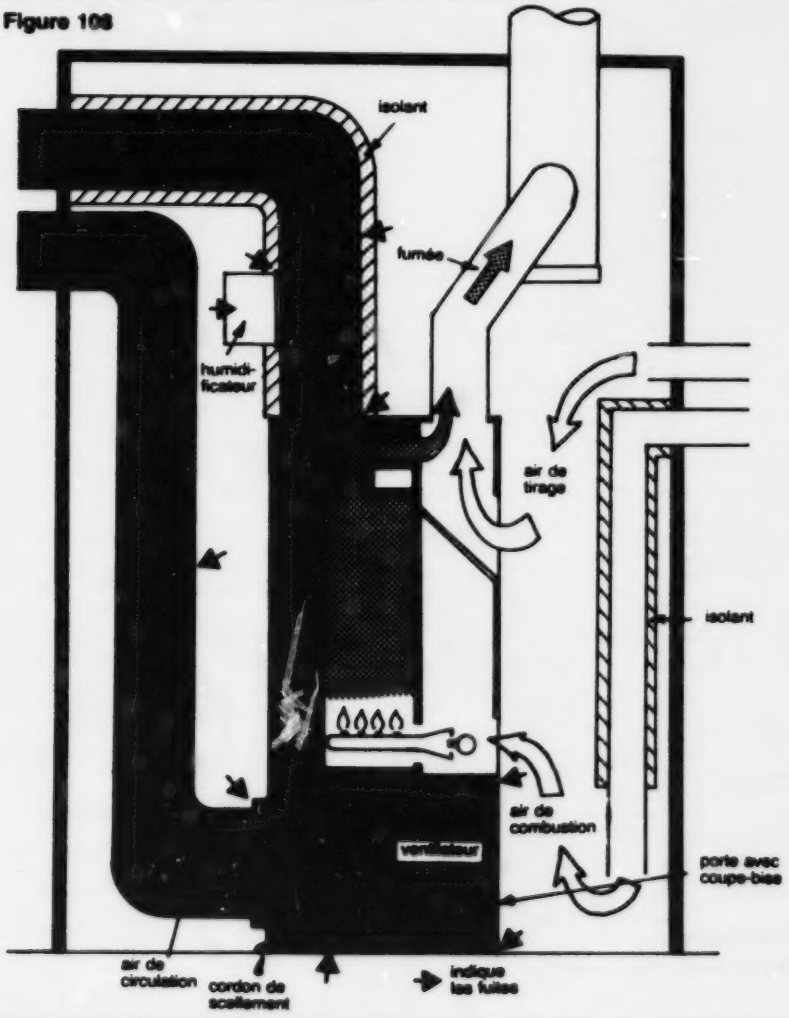


La figure 108 illustre les divers courants d'air qui se produisent à l'intérieur et autour de la fournaise. Noter que les deux prises d'air, pour l'air de tirage et l'air de combustion, sont conformes au code ayant trait aux appareils fonctionnant au gaz.

Le circuit de l'air dans la fournaise est illustré clairement à la figure 108 et le rapport de ce circuit avec le reste de la maison est illustré à la figure 109. Il est important de noter que le circuit de l'air, à l'intérieur de la pièce de chauffage, est en réalité intégré à l'enveloppe d'air principale de la maison. C'est pourquoi ce circuit d'air doit être isolé des processus de tirage et de combustion dans la pièce de chauffage exactement de la même façon que le reste de la maison est isolé de ces processus par la pièce de chauffage elle-même.

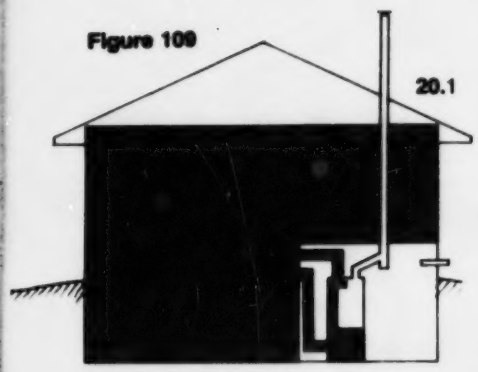
Les divers points d'infiltration dans le circuit d'air sont montrés à la figure 108. Chacun de ces points doit être scellé parfaitement. Les joints des plenums et les interstices dans l'humidificateur et le filtre doivent être scellés avec un ruban à conduit de bonne qualité. Sur le plenum d'air chaud, utiliser du ruban à conduit à endos de tissus (noter que la plupart des rubans à conduit ne résistent pas trop bien à la chaleur du plenum au-dessus de la fournaise).

**Figure 108**



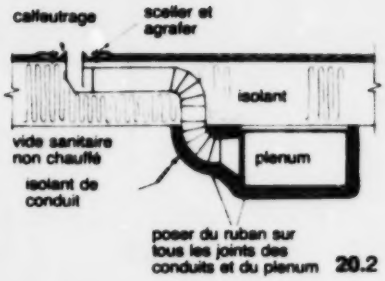
# 20.0 La pièce de chauffage

Figure 109



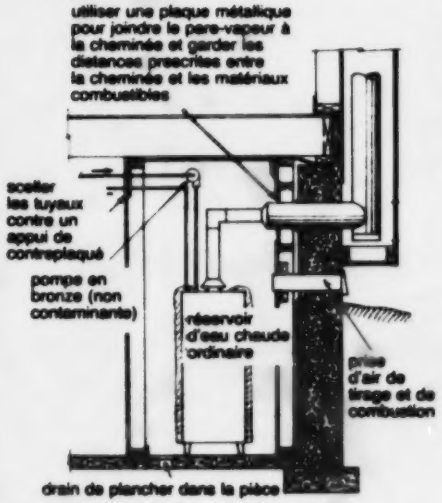
20.1

Figure 109a




20.2

Figure 110




Dans certains modèles de fournaise, la cavité autour du ventilateur n'a pas de plancher et est munie d'une porte peu étanche. Il est préférable de poser un cordon de scellement autour de l'extérieur de la fournaise là où elle touche au plancher. La porte devrait être muni de coupe-bise, si cela est possible.

S'il y a un vide sanitaire non chauffé, les conduits de chauffage qui traversent cet espace doivent être considérés comme faisant partie de l'enveloppe chaude de la maison. Ils devraient être scellés et isolés comme à la figure 109a. Cela s'applique à la fois aux conduits d'air chaud et d'air de retour.

**Isolation**

Les pièces de chauffage, semblables à celle qui est illustrée à la figure 107, ne sont pas en usage depuis très longtemps. On en a encore beaucoup à apprendre sur la quantité d'air nécessaire dans ces pièces et sur la température qui s'y maintient. Il est probable que les pièces de chauffage étanches se maintiendront à des températures oscillant entre 10 et 20 degrés Celsius. L'effet refroidissant de l'air aspiré est en partie contrebalancé par la chaleur qui se dégage de l'enveloppe du calorifère et du plenum d'air chaud. Il n'est donc pas nécessaire d'isoler la pièce de chauffage, bien qu'il y ait certains avantages mineurs à le faire.

La chaleur qui se dégage de la fournaise et du plenum d'air chaud est de la chaleur perdue puisqu'elle finit par s'échapper par la cheminée. Cette perte peut être réduite par l'isolation du plenum d'air chaud. *L'enveloppe de la fournaise ne doit pas être isolée.*

La figure 110 illustre l'installation d'une pièce étanche contenant un système de chauffage de conception nouvelle. Ce système fait partie de la maison expérimentale construite par Hilton Homes, de Saskatoon. La maison est chauffée par l'eau du réservoir d'eau chaude, et ce, du fait que les besoins de chauffage ne justifient pas l'usage d'une fournaise. Lorsque l'air de la maison a besoin d'être chauffé, le thermostat déclenche la pompe, laquelle fait circuler l'eau chaude dans un serpentin installé dans le système de circulation d'air de la maison (non indiqué). Noter que, comme la pompe fait partie du circuit d'eau potable, elle doit être à l'épreuve de la contamination. Noter également comment la cheminée est installée là où elle traverse le mur.

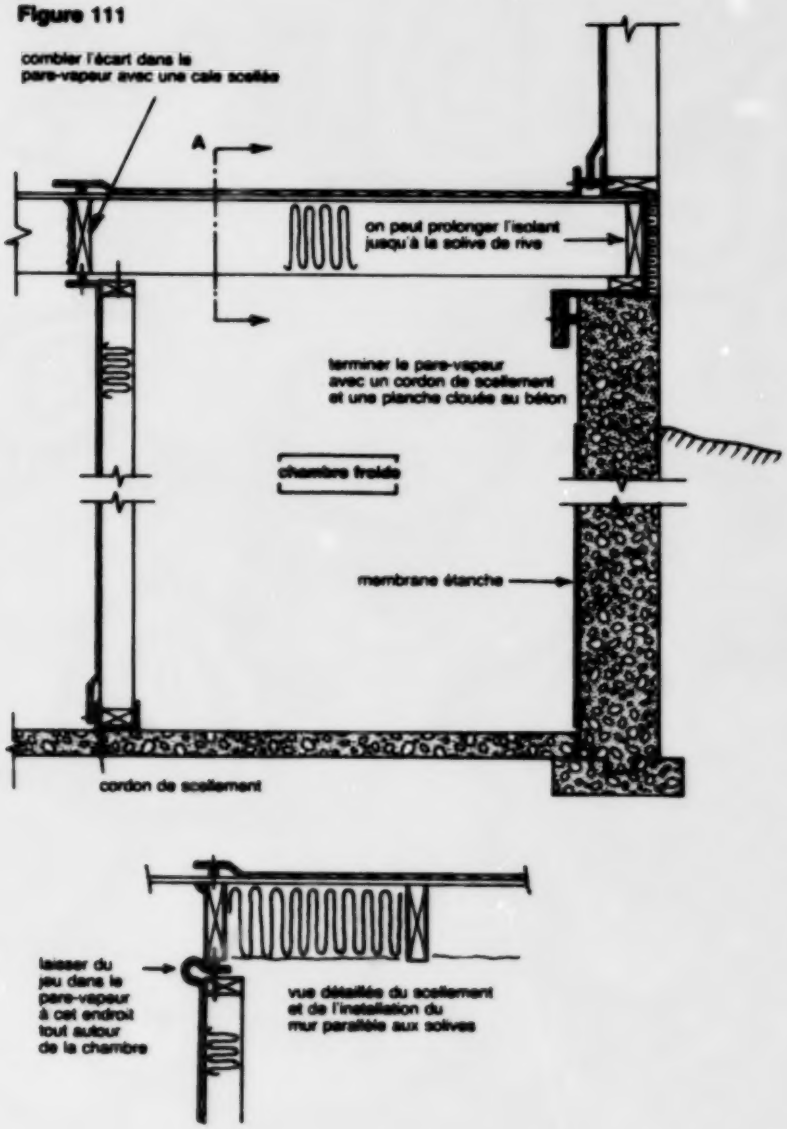
**Vérification de l'étanchéité**

Les méthodes à suivre pour la vérification de l'étanchéité dépendent de ce que l'on veut vérifier. Si l'essai vise à déterminer l'étanchéité de l'enveloppe constituée par le pare-vapeur, il faut alors isoler les circuits d'air dans la pièce de chauffage de façon à ce que leur effet ne soit pas senti durant l'essai. Dans ce cas, il est préférable de faire l'essai avant d'installer les plenums. On peut alors sceller de façon temporaire l'ouverture des plenums (à l'endroit indiqué sur le schéma n° 7 à la figure 107). Il faut aussi s'assurer que la porte de la pièce de chauffage est bien étanche durant la vérification. Par ailleurs, si la vérification a pour but de mesurer l'étanchéité de la maison dans son ensemble, il faut installer les plenums d'air et le système de chauffage avant l'essai et les conduits de circulation d'air doivent être scellés autour de la fournaise comme on l'a indiqué plus tôt. Ici encore, il est important que la porte de la pièce de chauffage soit bien étanche.

# 21.0 Chambre froide

La figure 111 montre la construction d'une chambre froide. Les explications sont suffisamment claires.

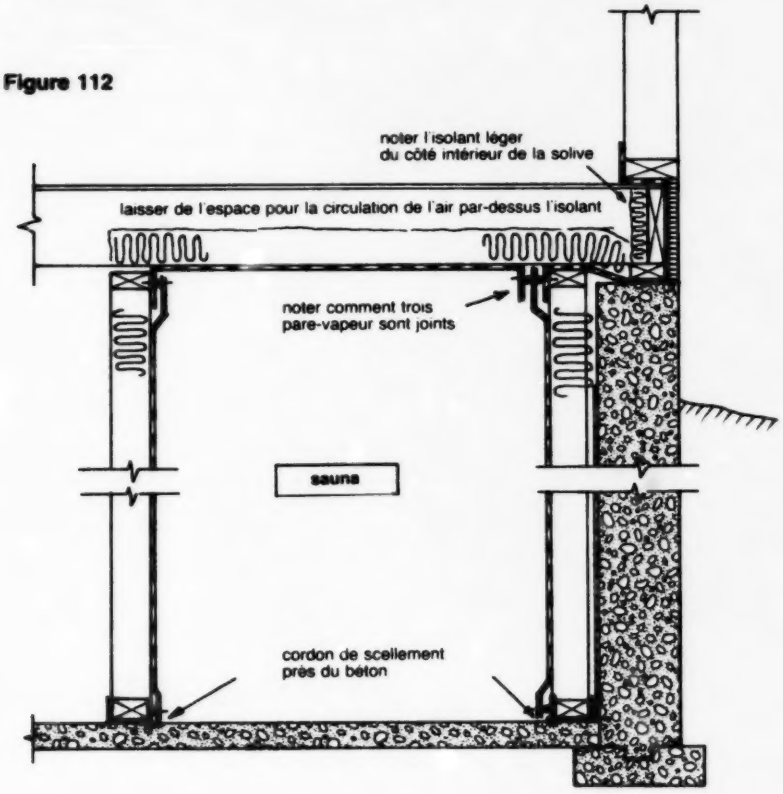
**Figure 111**



# 22.0 Saunas

La figure montre la construction d'une pièce où se trouve un sauna. Le pare-vapeur dans une telle pièce doit être du genre papier métallique approuvé. Il est joint au pare-vapeur en polyéthylène de la façon habituelle. Il faut faire attention en particulier autour de la solive afin d'éviter qu'il y ait un endroit de point de rosée (voir les observations précédentes à ce sujet).

**Figure 112**



# 23.0 Foyers

La figure 113 illustre les diverses techniques à mettre en oeuvre dans l'installation d'un foyer. L'exemple choisi est un foyer sans dégagement avec une prise d'air de combustion et un système de chauffage par convection. Il est érigé à l'extérieur du mur extérieur principal de la maison, sur des solives en porte-à-faux. Ce genre d'installation devient courant et peut servir d'excellent exemple de la plupart des problèmes à résoudre dans la construction d'un foyer.

Les particularités sont assez claires dans l'illustration, puisqu'il en a déjà été question à plusieurs endroits dans le présent guide. La particularité la plus intéressante est la sous-ossature au-dessus du foyer. Noter que le mur extérieur de la maison se prolonge bien au-dessus du foyer. Cette installation vise à empêcher que les sorties d'air chaud ne traversent le pare-vapeur. Avant que la sous-ossature ne soit mise en place, le pare-vapeur de la maison devrait se continuer autour de la cavité du foyer et être scellé autour de la cheminée et des solives de plancher selon les techniques recommandées. La cavité devrait être finie avec des panneaux de revêtement et un matériau de sous-finition avant que le foyer ne soit installé. Noter que l'espace réservé à la cheminée au-dessus du coupe-feu *peut* être isolé, mais seulement si les distances prescrites autour de la cheminée sont respectées.

La prise d'air de combustion est illustrée schématiquement. La plupart des foyers de ce genre ont un réseau de conduit d'air assez compliqué, ainsi qu'un registre à même. Parce que l'endroit est d'accès difficile, il n'est pas toujours possible de rendre parfaitement étanche le tour du tuyau de prise d'air, comme à la figure 96. On devrait au moins essayer de calfeutrer autour de la prise là où elle traverse le revêtement mural.

**Figure 114**

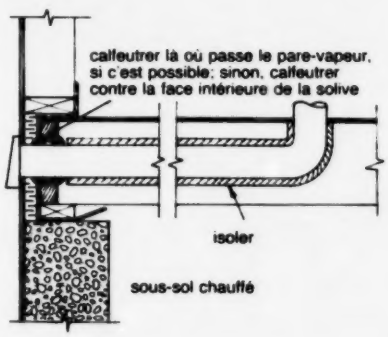



**Figure 115**

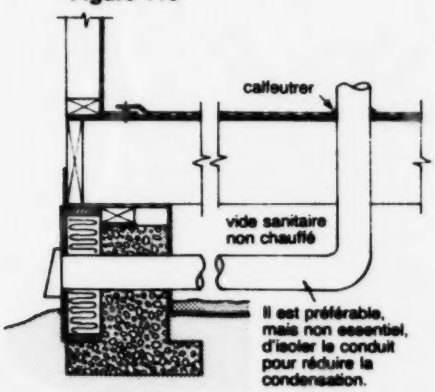
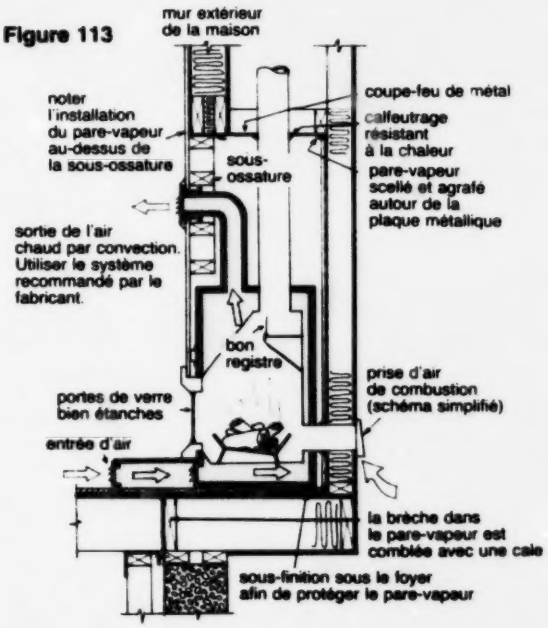



**Figure 113**




La figure 114 montre un conduit d'air de combustion pour un foyer situé bien à l'intérieur de la maison, au-dessus d'un sous-sol chauffé. Noter que le conduit traverse la solive de rive et est isolé.

La figure 115 montre un conduit d'air de combustion pour un foyer situé au-dessus d'un vide sanitaire non chauffé. Noter l'endroit du calfeutrage.

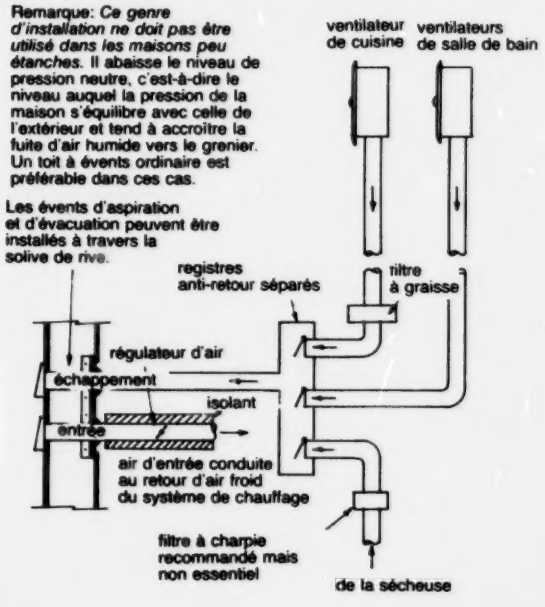
# 24.0 Systèmes d'aération

La figure 116 montre les principales particularités d'un système d'aération courant. Noter que le ventilateur de la sécheuse, celui de la cuisine et celui de la salle de bain sont reliés de telle sorte qu'un seul évent d'évacuation est nécessaire. Les ventilateurs ne peuvent s'influencer mutuellement grâce à des registres anti-retour d'air. Il est préférable d'évacuer l'air de la cuisine et de la salle de bain vers le bas et à travers la solive de plancher plutôt que par des évents de toit. Les pertes de chaleur par convection sont ainsi réduites et il est plus facile d'installer un échangeur de chaleur ultérieurement, si on le désire. Le tuyau d'entrée devrait être branché au plenum d'air froid du calorifère, car la succion produite par le ventilateur de la fournaise aspire l'air frais dans la maison. L'aspiration d'air devrait être réglée par un registre manuel et le tuyau devrait être entièrement isolé.

Les évents d'aspiration et d'évacuation devraient être assez éloignés l'un de l'autre pour ne pas s'influencer, mais assez rapprochés pour subir la même pression du vent. Il est recommandé de les éloigner de 900 à 1200 mm et de les poser sur le même mur, très loin des coins.

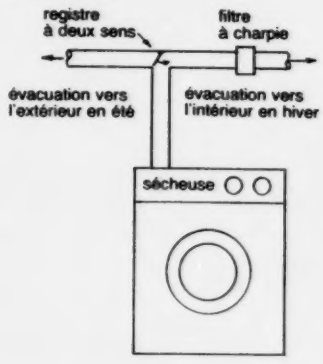
Le code national touchant les appareils fonctionnant au gaz naturel (norme CGA B149.1, 1976) prescrit une distance d'au moins 900 mm entre ces évents et tout raccord de gaz.

**Figure 116**



## 24.1 Évents de sécheuse

**Figure 117**




Dans les Normes de construction résidentielle 1980, à la Section 330, partie 6, il est dit que "les conduits d'évacuation doivent déboucher directement à l'air libre". Cette norme s'appliquerait normalement aux évents de sécheuse. Les inspecteurs de la SCHL et les inspecteurs en bâtiment provinciaux sont toutefois d'avis que, vu les mesures d'économie d'énergie en cause, cette partie du code devrait être interprétée avec indulgence dans le cas des évents de sécheuse. Les constructeurs qui désirent faire évacuer l'air de la sécheuse à l'intérieur de la maison ou qui ont l'intention de fixer un dispositif particulier dans le conduit d'évacuation de la sécheuse (tel qu'un échangeur de chaleur ou un registre anti-retour) devraient d'abord consulter les services d'inspection des bâtiments de leur localité.

Si on est indulgent dans l'interprétation de la norme de ventilation des sécheuses, il devient alors possible d'installer le genre de système montré à la figure 117. Il s'agit là d'un dessin schématisé d'un nouveau produit sur le marché. L'évent de sécheuse est muni d'un registre à deux sens, qui évacue l'air de la sécheuse dans la maison l'hiver (en passant par un filtre à charpie) et à l'extérieur l'été. Si le filtre à charpie se bouche, le registre dirige automatiquement l'air à l'extérieur.

**Figure 118**

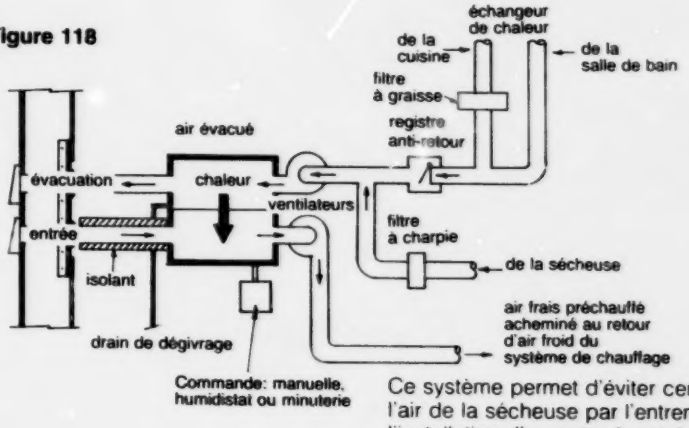
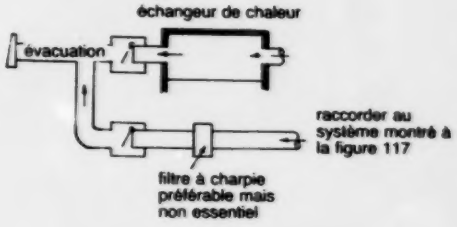



**Figure 118a**



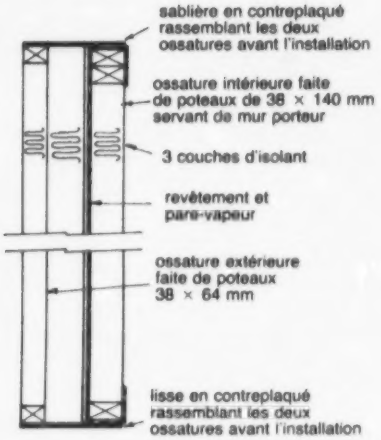

Ce système permet d'éviter certains des problèmes que posent l'évacuation de l'air de la sécheuse par l'entremise d'un échangeur de chaleur. Afin d'éviter l'installation d'un autre évent, le tuyau d'évent qui se dirige vers l'extérieur dans ce système peut être raccordé au tuyau de la sécheuse montré à la figure 116.

La figure 118 illustre les principales particularités d'un système d'aération avec un échangeur de chaleur. L'échangeur de chaleur est schématisé et on voit comment la chaleur est transférée de l'air d'évacuation à l'air frais aspiré. Si la sécheuse est raccordée à ce système, comme dans la figure, *il est important de s'assurer que l'échangeur de chaleur est assez puissant pour recevoir tout l'air évacué par la sécheuse et qu'il peut supporter l'air humide de la sécheuse*. Noter que certains systèmes de ventilation sont équipés d'un registre anti-retour qui empêche l'air de la sécheuse d'entrer dans la cuisine et les salles de bain.

Une autre méthode est montrée à la figure 118a. Dans cette installation, l'échangeur de chaleur est raccordé au système de ventilation de la sécheuse montré à la figure 117. Ce système est raccordé à l'évent d'évacuation en passant par un filtre à charpie (optionnel) et par un registre anti-retour, comme dans l'illustration. En outre, afin de prévenir les retours dans l'échangeur de chaleur, un autre registre anti-retour est installé dans le conduit de l'échangeur de chaleur. Dans ce cas, le raccordement à la sécheuse et le registre anti-retour de la figure 118 peuvent être éliminés. Vu les problèmes posés par l'évacuation de l'air des sécheuses par les échangeurs de chaleur, les auteurs du présent guide préfèrent le système de la figure 118a. *Ce choix est toutefois sujet à l'approbation des autorités compétentes.*

# 25.0 Murs super-isolés

**Figure 119**

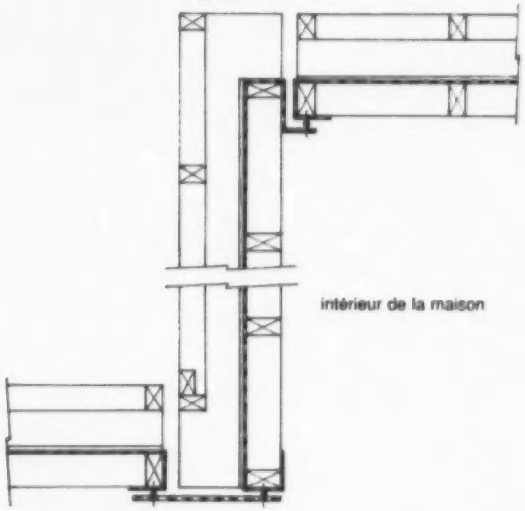



Les murs super-isolés sont décrits de façon assez détaillée dans la publication intitulée "Energy Efficient Housing – A Prairie Approach", publiée conjointement par le Bureau des économies d'énergie de la Saskatchewan et celui de l'Alberta. On conseille aux constructeurs de consulter cette publication s'ils ont besoin de renseignements plus complets sur ce genre de mur.

Les figures 119 et 120 sont extraites du document "A Prairie Approach". Elles illustrent une façon possible d'ériger un mur à ossature jumelée. Il en est question dans le présent guide afin de montrer la technique inhabituelle d'installation du pare-vapeur (ce dont il a été question aux pages 29 et 30 de la Section 1). La figure 119 montre comment le mur est assemblé et la figure 120 montre comment les pare-vapeur sont joints dans un coin intérieur et sur un coin extérieur.

Ces modèles apparaissent ici afin que le guide soit plus complet, mais les auteurs désirent signaler qu'ils ne sont pas nécessairement d'accord avec chacune des particularités.

**Figure 120**




La figure 121 est tirée de la publication "A Prairie Approach" et illustre les caractéristiques structurales essentielles d'un mur à ossature jumelée dans une maison à ossature de bois d'un étage avec fondation en béton. Dans ce dessin, l'ossature extérieure n'est évidemment pas soutenue verticalement (les auteurs comprennent que c'est probablement parce que le dessin est incomplet). Il semble toutefois que quelques-unes des premières maisons construites à ossature jumelée ont donné des signes de tassement de l'ossature extérieure. Il est difficile d'attester ces cas, mais il est utile de faire remarquer que certains promoteurs du mur à ossature jumelée préconisent la pose d'une entretoise entre les deux ossatures. D'après les expériences des auteurs dans le domaine des mesures d'économie d'énergie (en ajoutant une autre ossature à l'extérieur d'une ossature existante), il semble que le grand écart de température entre les deux ossatures peut causer les mêmes effets de dilatation différentielle que dans le cas du soulèvement des fermes.

Tout compte fait, les auteurs préfèrent le modèle illustré à la figure 122. Noter que l'ossature extérieure est faite de poteaux de 38 par 89 mm et est solidement fixée en haut et en bas. En haut, l'ossature est fixée aux fermes du toit, qui se prolongent plus loin vers l'extérieur que dans la figure 121. En bas, l'ossature est légèrement appuyée sur le bord de la fondation en béton pendant la construction et les poteaux sont cloués à la solive de rive. Noter que cette installation n'exige pas que l'on diminue la quantité d'isolant autour de la solive de rive. On peut bien isoler en posant de l'isolant rigide contre la face extérieure de la solive de rive, et l'emplacement de la lisse basse permet de bloquer les passages d'air à travers l'ossature de bois. Les désavantages de cette technique sont que les murs empiètent sur l'espace utile d'environ 130 mm et que l'ossature jumelée ne peut être érigée en une seule pièce, bien que l'on s'interroge sur les avantages de procéder ainsi. En outre, cette installation ne permet pas de protéger le pare-vapeur grâce aux entretoises de contreplaqué, comme dans la figure 121.

*Il est important que les lecteurs du présent guide sachent que la construction à ossature jumelée est encore au stade expérimental.* Il existe une grande variété de modèles possibles et il faudra quelque temps avant que le meilleur modèle soit reconnu. Les figures 121 et 122 en montrent deux qui ne sont pas parfaits ni l'un ni l'autre, mais qui donnent au moins une indication de certains des problèmes.

**Figure 121**

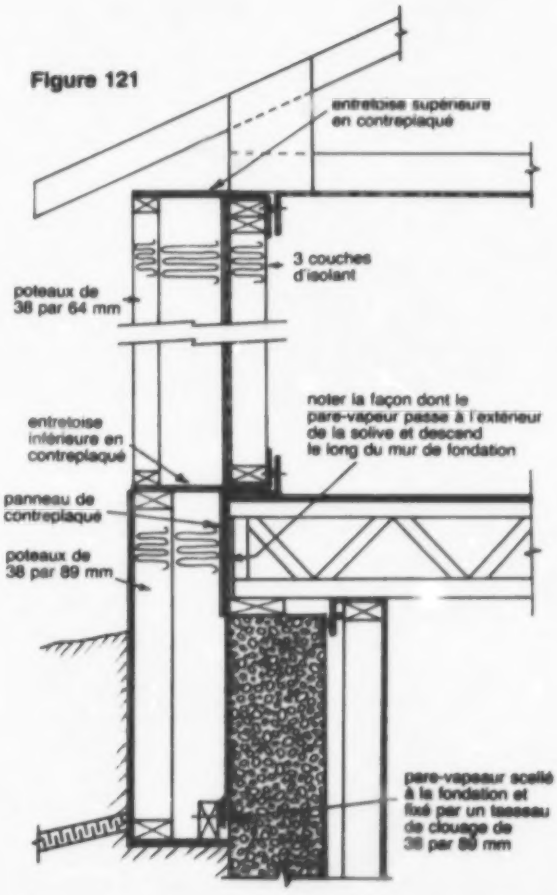
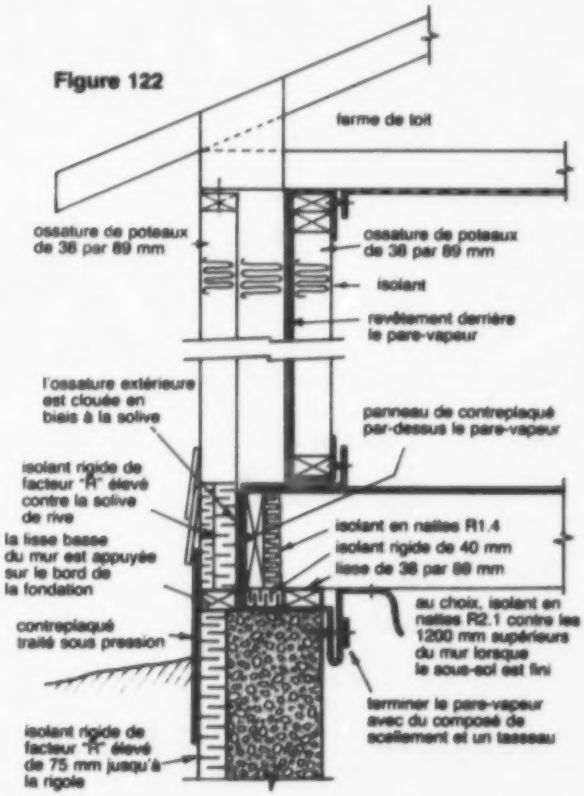



**Figure 122**



# 25.0 Murs super-isolés

## 25.1 Le mur à fourrures

La figure 123 montre un mur à fourrures dans une maison à un seul étage sur fondation en béton. Sa construction est semblable à celle d'un mur ordinaire avec des poteaux 38 par 140 mm, jusqu'au moment où le pare-vapeur est installé (voir la figure 106). Les fourrures de 38 par 64 mm sont posées sur le pare-vapeur et les fils électriques sont ensuite passés dans le mur ainsi élargi sans risque d'endommager le pare-vapeur. De l'isolant en nattes de facteur R1.4 est finalement posé sur le mur élargi avant la pose du revêtement mural.

Cette technique permet au constructeur de réaliser un niveau élevé d'isolation jusqu'à R7.0 en modifiant peu les méthodes courantes de construction. C'est pourquoi elle peut se révéler plus populaire que les murs à ossature jumelée dans les maisons à haut rendement énergétique. Les inconvénients sont que le mur empiète alors de 65 mm sur l'espace utile, comparativement au mur ordinaire avec des poteaux de 38 par 140 mm, et qu'il occasionne des pertes de chaleur modérément élevées par l'ossature de bois en haut et en bas du mur. La figure 124 montre certaines façons de résoudre ce problème.

Le rendement du mur dépend en partie de l'utilisation d'un revêtement isolé (tel que le "Styrofoam SM"). Certains constructeurs doutent de la solidité du parement fixé sur ce revêtement relativement mou. Si le revêtement est trop épais, par exemple 50 mm ou plus, le parement doit être fixé avec des clous qui sont peu solides dans le revêtement. Le parement peut donc se déplacer. Il n'y a apparemment pas de problème si l'épaisseur du parement ne dépasse pas 38 mm, comme l'indique la figure 123. En outre, il existe maintenant sur le marché de nouveaux matériaux de parement avec revêtement et isolant intégré. Ces nouveaux matériaux peuvent éliminer le problème de la solidité du parement, tout en augmentant la résistance thermique du mur.

**Figure 123**

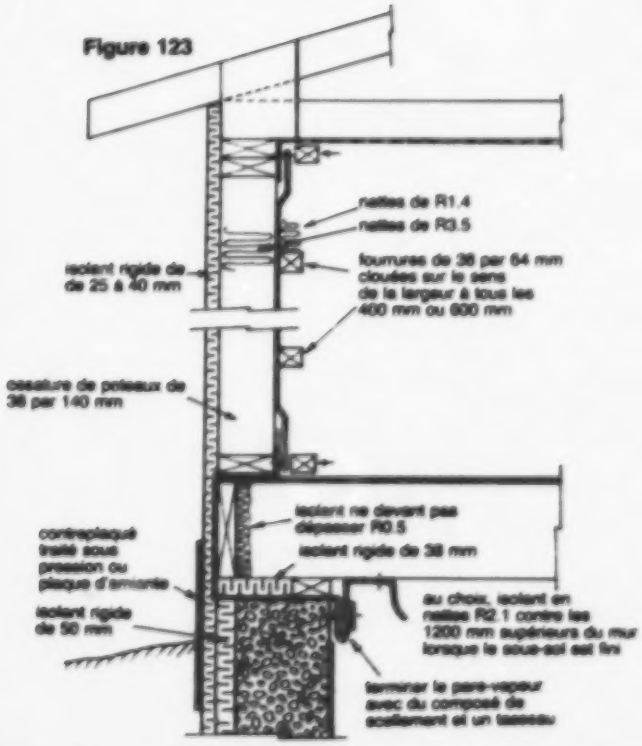
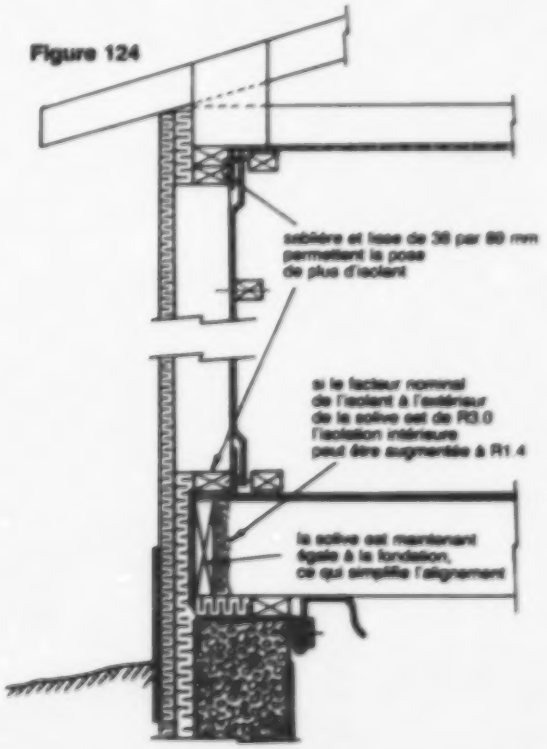



**Figure 124**



# 26.0 L'éducation du propriétaire

La maison à haute efficacité énergétique contient plusieurs particularités qui sont nouvelles pour la plupart des propriétaires et, à moins que ces caractéristiques ne leur soient expliquées, il y a des risques pour que les propriétaires limitent l'efficacité de certaines sans s'en rendre compte. C'est le cas en particulier des membranes d'étanchéité renforcée. Il faut informer le propriétaire de la difficulté à réaliser l'étanchéité de la maison et de la facilité avec laquelle on peut détruire cette étanchéité par des modifications (telles que l'addition de prises électriques) aux murs extérieurs. A moins que le propriétaire ne connaisse l'utilité de la bande de pare-vapeur laissée sur les solives d'un sous-sol non fini (voir la figure 106 par exemple), il peut décider de la tailler. En outre, il faut renseigner le propriétaire sur le but des pièces de chauffage et sur les diverses caractéristiques des systèmes d'aération.

Nous recommandons aux constructeurs de rédiger une brochure explicative à l'intention des propriétaires de maison à haute efficacité énergétique, dans laquelle ils signaleraient les principales particularités et leur but. Il faudrait aussi indiquer ce qu'il y a à faire et à ne pas faire.

# 27.0 Index

# 27.0 Index


## A

**Aération 18-20, 22, 68, 74, 75**

**Agrafes 29**

**Air, Circulation de l'-**
(voir Circulation de l'air)

**Approvisionnement en air des**
appareils à combustion 20, 21, 22, 69, 73

## B

**Béton, Fondation en –**
(voir Fondation en béton)

**Bois, Fondation en – traité sous pression**
(voir Fondation en bois traité sous pression)

## C

**Calfeutrage et scellement, Produits de – 28**
effritement 55
essai d'échantillons 28
produits résistants à la chaleur 56

**Chambres froides 71**

**Cheminée, effet de 17**

**Cheminées**
assemblage à la membrane d'étanchéité 57, 68, 73
passage d'air autour des 57

**Ciment de tuyau d'échappement**
d'automobile,
utilisé comme produit de calfeutrage résistant à la chaleur 56

**Circulation de l'air,**
dans les maisons à haut rendement énergétique 19
système de distribution 18

**Cloisons 41-46**
au-dessus d'un vide sanitaire non chauffé 44-45
calfeutrage des fils électriques 41-44
membrane d'étanchéité à la sablière 41-43
infiltrations d'air 41

**Colonne d'évent**
(voir Évent, colonne d'-)

**Condensation, 13, 14**
à la lisse basse 38

**Confort, niveau de – 22**

**Convection thermique 19**

## D

**Dalle sur hérisson**
dalle indépendante et fondation 32
dalle combinée et fondation 32

**Drains**
infiltrations 16, 68
infiltrations de radon 21, 68

**"Dux Seal"**
usage dans le conduit de service d'électricité 59

## E

**Eau chaude**
utilisation pour le chauffage de la maison 70

**Échangeurs de chaleur 75**
accumulation de givre dans les 21

**Éclairage, Dispositifs d' – 55**

**Électricité**
entrée de service d' – 59
fils dans les cloisons 41-46
prises de courant 23, 53-55, 79
tableau de service d' – 59

**Énergie, Mesures d'économie d' – 15, 36**

**Escaliers 62**

**Étanchéité à l'air**
des pièces de chauffage 18, 21
des plenums d'air 69
essais d' – 22, 24, 25, 70

**Étoupe**
utilisée comme joint coulissant 58

**Évaporation 13**

**Évent, Colonne d' –**
assemblage à la membrane d'étanchéité 58, 59
dans le vide sanitaire 59

**Évents d'aération 18, 19**
dans la pièce de chauffage 68
et les normes du gaz 60, 74
joints à la membrane d'étanchéité 56, 60
pression du vent 74

## F

**Fenêtres**
dans un mur à ossature jumelée 51
fenêtre en baie 52
infiltration d'air 50, 52
membrane d'étanchéité 50-53

**Fils**
(voir Electricité)

**Fondation en béton**
et cycles de température 66
isolation de la dalle 30, 65
isolation intérieure et extérieure 65
membrane étanche à l'humidité 30
problèmes liés à la cure 65

**Fondation en bois traité sous pression 33**

**Fondations 30-32**

**Fournaises**
effet de cheminée 16

**Foyers 73**
approvisionnement en air de combustion 73

## G

**Garage**
problèmes liés à l'installation à étanchéité renforcée 47

**Gaz, Normes du 21, 60**

**Givre, Accumulation de**
autour des solives 35
dommages causés par le – 14, 15
dans les échangeurs de chaleur 21
dans les murs et le grenier 13-15

**Glace, Mouvements causés par la – 66**

## H

**Humidificateur 12**

**Humidité, Dommages causés par l' –**
autour de la lisse 38
dans les constructions à porte-à-faux 47

**Humidité, Régularisation de l' – 19**

**Humidité relative 12, 13**

## I

**Infiltrations et fuites 16, 17**
changements d'air par heure 17
dommages causés par les économies d'énergie 17

**Inspection des installations de membranes d'étanchéité 29**

## L

**Latex, Composé de calfeutrage à base de – 56**

**Lisse basse**
et emplacement de la membrane d'étanchéité 38

## M

**Maisons à haut rendement énergétique**
maisons expérimentales 10, 20-22, 25
"Saskatchewan Conservation House" 10

**Maisons à mi-étage 48**

**Matériaux combustibles 58**

**Membrane d'étanchéité**
agrafage 29
choix des matériaux 28
économies d'énergie 17, 22
emplacement 22, 23
endommagement 23, 54, 55, 79
inspection 29
papier métallisé 72
protection contre le vent 29
réduction des dommages causés par l'humidité 22
règles d'installation 29
représentation sur les plans 24, 25

**Membrane étanche à l'humidité**
dans le sous-sol 30
dans le vide sanitaire 31

**Mur à fourrures**

**Mur à ossature jumelée 23**
emplacement du pare-vapeur 23
fenêtres dans un – 51
modèles 76, 77

**Murs nains**

**Murs super-isolés**
(voir Mur à ossature jumelée et Mur à fourrures)

## O

**Odeurs, Élimination des – 19**

**Oxygène, Régularisation du niveau d'- 19**

## P

**Pare-vapeur**
(voir Membrane d'étanchéité)

**Perméance 13, 14, 15**

**Pièce de chauffage 21, 67-70**
et les normes du gaz 21

**Plafonds dans les maisons à mi-étage 48**

**Plomberie**
dans la pièce de chauffage 68
dans le vide sanitaire 59

**Point de rosée 13-15**
emplacement de la membrane d'étanchéité 23
problèmes autour des baignoires 63
problèmes dans les saunas 72

**Point de saturation 12, 13**

**Points froids près des solives 36**

**Polluants, Élimination des agents 19**

**Polyéthylène 28**

**"Polypan" 53, 54, 63**

**Porte-à-faux 47**
conduits de chauffage dans les – 52

**Portes 18**
infiltrations d'air 52
assemblage à la membrane d'étanchéité 51

**Poutre de soutien 40**

**Pression de vapeur 12, 13**

# 27.0 Index


## R

**Radon**
dans une dalle sur hérisson 32
dans les sous-sols en béton 30
essais dans les maisons expérimentales 20
et le drain de plancher 21, 68
niveaux 19, 20

**Régionaux, Facteurs – 11, 23**

**Registres 18, 31**
modèle anti-retour 74, 75

**Réservoir d'eau chaude 67, 70**

**Revêtement**
manque de solidité du parement 37, 78

**Rosée, Point de –**
(voir Point de rosée)

## S

**Saturation, Point de –**
(voir Point de saturation)

**Sauna 72**

**Scellement**
(voir Calfeutrage et scellement

**Sécheuse, Évent de – 75**

**Sol, Problèmes liés au – 66**

**Solives**
accumulation de givre 35
endommagement du pare-vapeur 37
infiltrations d'air autour des installations à étanchéité renforcée 34-39
niveaux d'isolation 23, 36, 37
points froids 36
pose du parement 37
problèmes liés au point de rosée 23

**Soulèvement des fermes 46**
effet semblable dans les murs 77

**Sublimation 13**

**Système de chauffage**
(voir Fournaises)

## T

**Températures, Cycles des – 31, 66**

**Trappe du grenier 64**

## V

**Vapeur d'eau**
déplacement et régularisation 12-15
déplacement dans les courants d'air 15
production 12

**Vent**
dommages causés par le – à la membrane d'étanchéité 29
pression du – dans les évents 74

**Ventilation 18-20, 22, 60, 74-75**
dans le grenier 14
de la maison 12, 18
pertes de chaleur 20
systèmes de 18, 20
taux de 19, 20

**Vide sanitaire non chauffé**
approvisionnement en air de combustion 73
baignoire au-dessus d'un – 63
conduits de chauffage 70
dans les modèles à mi-étage 49
membrane étanche à l'humidité 31
ventilation 31

Canada

Imprimé au Canada

POOR

QUALITY

ORIGINAL